

СЕКЦИЯ 2

«НАУЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИЗМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ВЫБОРА ИТ-СПЕЦИАЛИСТА Ахмедьянова Г.Ф., канд. пед. наук, доцент	494
ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПО НАНЕСЕНИЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Букина И.А.	498
К ВОПРОСУ КОНТЕНТ-АНАЛИЗА ВОСТРЕБОВАННОСТИ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Горяйнова Т.А.	503
ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Корнипаева А.А., канд.техн.наук, Корнипаев М.А., канд.техн.наук, доцент.....	508
НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ 15.03.01 И 15.04.01 «МАШИНОСТРОЕНИЕ» Богодухов С.И., д-р техн.наук, профессор, Козик Е.С., канд.техн.наук, доцент, Букаев В.Д.	511
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ Бунин К.А., Трипкош В.А. канд. техн. наук, доцент	520
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО РАСЧЕТНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ Гаврилов А.А., канд.техн.наук.....	525
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент, Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент, Русяев А.С., канд. техн. наук.....	529
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТКОЙ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА В МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЕ ДВИГАТЕЛЯ Д100 Горбачева О. М., Боровский А.С., д-р.техн.наук, доцент	535
ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА ОГНЕЙ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АЭРОПОРТА НА ТОЧНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОСАДОК ПИЛОТАМИ Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент, Псянчина Р.Р.	539

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ Домовецких Д.В., Шепель В.Н., д-р экон. наук, канд. техн. наук, профессор	544
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СЕЛЕКЦИЯ НА ОСНОВЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ Дудоров В.Б., доцент	548
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН Дудорова С.И., Дудоров В.Б., доцент	553
НЕКОТОРЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ РИСКОВ Езерская Е.М., канд. пед. наук, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Псянчина Р.Р.	559
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ МАТНСАД В АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Езерская Е.М., канд. пед. наук, Носков Д.А., Солдатов Д.М.	564
ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В ОРЕНБУРГСКОМ РЕГИОНЕ Елагин В.В., канд. техн. наук, доцент, Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент.	568
РАЗРАБОТКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ПРОЦЕССЕ РЕАЛИЗАЦИИ КАРТ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ Жумашева Б.К., Гуньков С.А., Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С.	572
МЕХАНИЗАЦИЯ СПУСКО-ПОДЪЕМНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА БУРОВЫХ УСТАНОВКАХ ПОДЗЕМНОГО БУРЕНИЯ Зиновьев Д.Д., Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент	577
ПОИСК ТРЕЩИН В ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ Игуменов А.В., Айденов К., Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент	584
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ Кабаков Н.А., Припадчев А.Д., д-р. техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук.....	587
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА Кайшаева В.О., Гаврилов А.А., канд. техн. наук	592

СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ «СЛЕПОЙ» ВЫБОРКИ ТОЧЕК ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Рак Н. П.	596
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОТ ПЛОТНОСТИ ИЗМЕРЯЕМЫХ ТОЧЕК Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Рак Н. П.	604
МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ САД-МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ОБРАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Халиуллина И. Р.	610
ИНТЕГРАЦИЯ САПР ДРОБИЛКИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС Кишкилев С.В., Сергеев А.И., д-р. тех. наук, доцент	615
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Коннов А.Л., канд. техн. наук, доцент, Дурягин А.С.	620
О СРЕДСТВАХ АВТОМАТИЗАЦИИ САМОХОДНЫХ ПОЛЕВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ Коннов Д.И., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент.	625
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ВЫБОРУ СПЕЦТЕХНИКИ Красножен И.И., Тугов В.В., к.т.н., доцент	628
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ Красовская Т.В., Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент	632
СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ СЕРОГО ЧУГУНА, ПОЛУЧАЕМОГО МЕТОДОМ ХГПН Крылова С.Е. д-р техн. наук, доцент, Зайнуллин Н. И., Горяев С. А., Есин Д. О.	636
РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ ОБЪЕМНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т ПЕРЕД ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ Крылова С.Е., д-р техн. наук, доцент, Кельдибаева А.С., Оплеснин С.П.	641
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВИБРОГАСЯЩЕЙ РЕЗЦОВОЙ ГОЛОВКИ Майранц Э.Л., инженер-конструктор, Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор.	645
ОБЗОР ПРЕИМУЩЕСТВ ПРОГРАММЫ SPRUTCAM Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент, Дружинин В. И., Дурманов Н. В.	649
РАСЧЁТ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ В САЕ-СИСТЕМЕ Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент, Дружинин В. И., Яковлев Д. Е.	654

ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАЗМЕРНОЙ НАСТРОЙКИ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКЕ С ЧПУ Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент, Емельянов А. Д.	659
МОДЕРНИЗАЦИЯ АНТЕННЫ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «КЛЁН» Кожевников А. Ю., Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент.....	662
РАЗНООБРАЗИЕ ВНУТРЕННИХ ПРОЦЕССОВ ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОЛИМЕРА ПО ЗОНАМ ЭКСТРУДЕРА Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент, Сокольников А.В.	667
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ Медведева Н.Ю.....	674
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ НЕОДНОРОДНОСТИ МАТЕРИАЛА Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Деревянкина С.Н. Власов Ю.Л., канд.техн.наук, доцент.....	678
ЛАБОРАТОРИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИКОПТЕРАМИ КАК АСПЕКТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ Овечкин М.В., канд.техн.наук, Гедзь А.В., Носакин М.А.	684
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ-20 ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНО-НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ Павлова Л. В., Андреева Н.К., Андреев А.В.	688
СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ Пищухин А.М., д-р техн. наук, профессор	692
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЕСА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент, Заболотнов Д.А.	696
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ И ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ КРЕДИТНЫХ ЗАЯВОК Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент, Цымбал А.С.....	703
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АДАПТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЦИФРОВОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Позевалкин В.В., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор.....	709
НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СТАНКА HAAS ST-10Y Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент, Позевалкин В.В.	715

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ Попов Г. В., Коннов А.Л., канд.техн.наук, доцент	719
НЕКОТОРЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АВИАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчева Л.В...	725
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО PVD МЕТОДОМ Прокудин Р.С., Кутырев Г.В., Лищенко Н.А., Крылова С.Е.	729
ПРИМЕР НАБОРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент, Токпаев Н.С.	734
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ Рогова Т.Ф., Шепель В.Н., д-р экон. наук, канд.техн. наук, профессор	739
РОЛЬ САЕ-СИСТЕМ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ Ряховских П.В., Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент	745
ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ КРЫЛА ВОЗДУШНОГО СУДНА Саланько А.А., Припадчева Л.В.	749
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИИ ДОРОЖЕК ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В САПР КОМПАС Сергеев А.И., д-р техн. наук, доцент, Халопов А.А.	755
АНАЛИЗ МЕТОДА КАРТ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ Сердюк А.И., д-р техн. наук, профессор, Акимов С.С., Жумашева Б.К., Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент	760
ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ Сердюк А.И., д-р техн. наук, профессор, Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент, Гаврюшина Е.В.	765
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ Серёгин А.А. канд. техн. наук, доцент, Саранцев Н.С., Винокуров С.А.	770
ПЕРЕВОД ПРЕДПРИЯТИЙ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ CALS – ТЕХНОЛОГИЙ Солдатов Д.М., Езерская Е.М., канд. пед. наук, Носков Д.А.....	773

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВИАЦИОННО – ХИМИЧЕСКИХ РАБОТ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ВЕКТОРОМ ОПРЫСКИВАНИЯ Солдатов Д.С. , Магдин А. Г., канд. техн. наук, Носков Д.А.	777
ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Трубников И.В.....	781
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА Трипкош В.А. канд. техн. наук, доцент, Страхов М.А.	788
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ Трубников В.Д.	792
МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАДИОРЕЛЕЙНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ТРОПОСФЕРЕ Фаткулина Л.И., Дудоров В.Б., доцент	796
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА МНОГОФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСТУПА К РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РЕСУРСАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ Фаткуллин В.И., Коннов А.Л., канд.техн.наук, доцент.....	801
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ Фролова О.А., канд. техн. наук, доцент, Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент	805
ПРИМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ Хусаинов Р.Р.....	808
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ КАК ОДИН ИЗ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент.....	811
ДЕФОРМАЦИИ УСТАНОВКИ С ТЕРМОНАГРУЖАТЕЛЕМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ Чирков Ю. А. д.т.н., доцент, Шулаев И.Д.	815
АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент.....	821
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ CRM-СИСТЕМ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ Шумилин С.А, Тугов В.В., канд.техн. наук, доцент.....	826

АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ
ВОЗДУХОВОДОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ Щербаков Д.А., Трипкош
В.А. канд. техн. наук, доцент 830

НАПЛАВКА СЕДЛА КЛАПАНА ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ
ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ЭЛЕКТРОДОМ ЦН-12М Юршев В.И.,
канд. техн. наук, доцент, Кириленко А.С., канд. техн. наук, Репях В.С., канд.
техн. наук, Исмагилов Р.А. 834

МЕХАНИЗМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ВЫБОРА IT-СПЕЦИАЛИСТА

**Ахмедьянова Г.Ф., канд. пед. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В связи с цифровизацией экономики, интенсивным внедрением информационных технологий в деятельность организаций и учреждений IT-специалисты достаточно востребованы. При этом выбор специалиста при приеме на работу, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым фирмой, до сих пор остается искусством. В качестве успешного примера автоматизации этого процесса можно привести услугу по «Цифровому подбору персонала», которую уже оказывает компания «МегаФон». Основой для нее стала платформа компании Skillaz. Сервис ищет подходящих кандидатов в открытых источниках, включая социальные сети, приглашает их на видеointервью или тестирование, а затем проверяет полученный результат. Все эти процессы технология может осуществлять без помощи человека-рекрутера. В «МегаФоне» рассказали, что новая технология позволяет находить кандидатов на открытые вакансии в кратчайшие сроки: от 3-х дней. Однако речь пока идет лишь о линейном персонале. Подбор специалистов на руководящие должности на поток ставить компания не торопится [1].

Вузы предлагают большое количество соответствующих направлений и направленностей (профилей). Они связаны с программным обеспечением, администрированием, защитой информации, системным анализом, автоматизацией и другими аспектами [2]. К тому же практически любая профессиональная деятельность в настоящее время связана со знанием компьютера. Тестирование уровня компьютерной грамотности на предприятии, так же представляет собой достаточно громоздкую задачу.

С другой стороны, IT-специалист для полноценного выполнения своих функций должен обладать множеством чисто человеческих (психологических) качеств. Быть достаточно организованным, самостоятельным, инициативным, умеющим повести за собой коллектив. Причем требования о соотношении профессиональных и человеческих качеств могут резко изменяться при переходе от одной фирмы к другой.

Можно привести массу примеров важности этого соотношения: при написании компьютерного приложения необходимо активно взаимодействовать с будущими пользователями, которые в настоящее время выполняют соответствующую работу. Необходимо не только выявить алгоритмическую составляющую проектируемого приложения, но и предоставить максимум интерфейсных удобств. Для этого IT-специалист должен быть коммуникабельным, обладать когнитивными и дизайнерскими и даже художественными способностями.

Наконец, при выборе IT-специалиста удобнее использовать тесты и их может быть достаточно много иногда 400 – 500. Причем многие тесты могут содержать несколько вариантов ответов.

Результаты тестирования должна сопровождать дополнительная информация, например, по сведениям кадрового агентства [3] выделяются следующие факторы, выявляемые при тестировании:

- пол кандидата;
- возраст;
- наличие высшего образования;
- профиль;
- стаж работника (лет);
- количество организаций, в которых работал кандидат;
- перечисленные обязанности (количество);
- знание английского языка;
- другие иностранные языки, указанные в резюме;
- уровень знания компьютера (3-балльная шкала; 0 = не указан, 1 = знание MS Office, 2 – знание специализированных пакетов анализа (Statistica, SAP и т. д.), 3 = навыки программирования);
- уровень запрашиваемой заработной платы («0», если не указан).

Возникающая задача выбора IT-специалиста для профильной работы в фирме достаточно сложна как по числу альтернатив, так и по множеству критериев в отношении профессиональных и человеческих (психологических) качеств. Сложность этой задачи делает перспективным использование специально обученной нейросети и актуальным исследование соответствующей структуры [4]. При этом нейросетевой искусственный интеллект обладает рядом достоинств

- предвзятость ИИ тяжело доказать, так как данные для машинного обучения размечают эксперты — это основа «мышления» машины;
- искусственный интеллект помогает исключить противоположные мнения и оценить кандидата объективно, без человеческого фактора;
- ИИ избавляет рекрутеров от рутинных задач, чтобы те сфокусировались на более интересных и сложных функциях;
- Европейский регламент о защите данных GDPR гарантирует людям то, что решение, основанное только на работе алгоритма, должно проверяться человеком;
- в России пока нет закона, который бы регулировал использование ИИ в HR-сфере (human resources), но есть Указ «[О развитии искусственного интеллекта в РФ](#)», описывающий принципы развития машинного интеллекта;
- компаниям, которые планируют использовать искусственный интеллект в своей работе, важно быть прозрачными и уметь объяснить принципы работы своих алгоритмов.

Под искусственной нейронной сетью (ИНС) обычно понимают математическую модель, построенную по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей [5].

В данной работе для решения поставленной задачи предлагается использовать специальную ИНС. Здесь удобнее, чтобы ИНС состояла из двух матриц обучаемых нейронов. Тогда на вход первой матрицы подаются результаты прохождения тестов, продемонстрированные претендентом. Ее выходы соответствуют множеству профессиональных и человеческих качеств, выделяемых нейронной сетью.

Сигналы с этих выходов подаются на вход второй матрицы. При этом имеется возможность регулирования уровня этих сигналов, то есть они, по требованию фирмы, могут усиливаться или ослабляться в соответствии с требованиями к профессиональным или человеческим качествам претендента. Выходы второй матрицы демонстрируют уровень соответствия претендента (например, высокий, средний, низкий), а так же отсутствие этого соответствия. Можно даже организовать раздельную проверку соответствия по профессионализму и психологии.

В тех случаях, когда работодатели не могут четко сформулировать требования, так как их интересуют не отдельные компетенции, а комбинации компетенций (работодателю легче в целом оценить степень соответствия сотрудника определенной позиции уже после того как он поработал на данной позиции), кадровые агентства отслеживают судьбу рекомендованных ими кандидатов, и знают оценку работы данных людей со стороны работодателей. Для формализации процесса оценки разрабатываются специальные поведенческие шкалы, например, рейтинговые.

Конечно, обучение этих матриц производится раздельно друг от друга и для этого требуется большое количество статистического материала. В конце обучения матрицы соединяются для совместной работы и по сути выдают альтернативные решения. Непосредственно поиском кандидатов, проведением собеседований и последующим отбором будущих сотрудников занимаются HR - менеджеры кадрового агентства, и фактически только от них напрямую зависит качество подбора персонала [6].

Таким образом, механизм нейросетевого выбора IT-специалиста позволяет автоматизировать работу HR-менеджера. При этом двухматричная структура интеллектуальной нейросети обеспечивает возможность выбора претендента с контролируемым сочетанием качеств в зависимости от требований фирмы.

Список литературы

1. Можно ли доверить подбор сотрудников искусственному интеллекту? Опыт российских компаний. Режим доступа <https://rb.ru/opinion/podbor-ii> (05.01.2021)
2. Ахмедьянова, Г.Ф. Исследование элементов цифровизации в образовательном процессе / Г.Ф. Ахмедьянова // Современные наукоемкие технологии, 2020. – № 10. – С. 247-251.
3. Зинченко, А.А. Применение нейросетевых моделей для принятия решений о подборе персонала // Вестник ТГУ, 2015 – т.20, вып.2, – С. 453-456.

4. Азарнова, Т.В., Терновых И. Н. Применение нейросетей в процессе подбора персонала // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии. 2009, – № 2, – С. 76-80.

5. Барский, А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с: ил. – (Прикладные информационные технологии). ISBN 5-279-02757-X

6. Нейронная сеть для управления людьми Режим доступа <https://dx.media/articles/how-it-works/neyronnaya-set-dlya-upravleniya-lyudmi> (28.12.2020)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ПО НАНЕСЕНИЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

**Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор,
Букина И.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Перспективами развития гальванотехники является механизация и автоматизация производства, разработка и внедрение скоростных электролитов, создание малоотходных и безотходных технологий, снижение тем самым вредного влияния гальванического производства на окружающую среду [1].

Следующие характеристики присущи гальваническим производствам:

- большое разнообразие обрабатываемых деталей в одном гальваническом цехе;
- сложность формы обрабатываемых деталей;
- интенсивное водопотребление;
- образование большого количества жидких отходов;
- агрессивность используемых в технологических процессах растворов;
- высокая вредность для персонала;
- большое число сложных технологических процессов, которые влияют на конечный результат всего цикла;
- большие площади, занимаемые технологическим оборудованием;
- необходимость непрерывного выполнения технологических процессов в строго заданной последовательности;
- широкий ассортимент применяемых видов энергии (постоянный и переменный токи, пар, сжатый воздух, вода с несколькими заданными параметрами и т.д.) [2].

Большую часть требований получается удовлетворять с применением высокой степени автоматизации производства. Автоматизация процесса нанесения гальванических покрытий является актуальным направлением модернизации современных машиностроительных производств. Она позволяет не только существенно облегчить и обезопасить производственный процесс в части применения ручных трудоемких операций, но и решить целый ряд экологических вопросов. При максимальной автоматизации персоналу нет необходимости находиться в непосредственной близости с технологическим оборудованием. Все управление осуществляется системой управления и системой измерения.

Мероприятия по снижению отрицательного воздействия на окружающую среду ведут также к снижению расходов сырья и материалов, экономии энергоресурсов. Ежегодные повышения тарифов на энергоносители и штрафов за загрязнение окружающей среды понуждают промышленные предприятия

более тщательно подходить к выбору оборудования. В условиях рыночной экономики перед разработчиками гальванического оборудования стоит задача по созданию рентабельных и малоотходных линий [3].

При проектировании рентабельной и малоотходной автоматизированной линии по нанесению гальванических покрытий в условиях рыночной экономики необходимо решить несколько основных задач: снижение водопотребления; сокращение выноса ценных растворов из рабочих ванн; возврат вынесенных растворов в рабочие ванны; экономия электрической и тепловой энергии; уменьшение занимаемой площади. Перспективами развития гальванотехники является механизация и автоматизация производства, разработка и внедрение скоростных электролитов, создание малоотходных и безотходных технологий, снижение тем самым вредного влияния гальванического производства на окружающую среду [2].

Во время проработки технического задания и эскизного проекта решаются задачи, связанные с потребной степенью автоматизации будущего оборудования, необходимыми технологическими операциями и общей компоновкой линии с учетом уже имеющегося оборудования и конструктивных элементов на участке установки. Общий алгоритм проектирования автоматизированной линии по нанесению гальванических покрытий представлен на рисунке 1 [4].

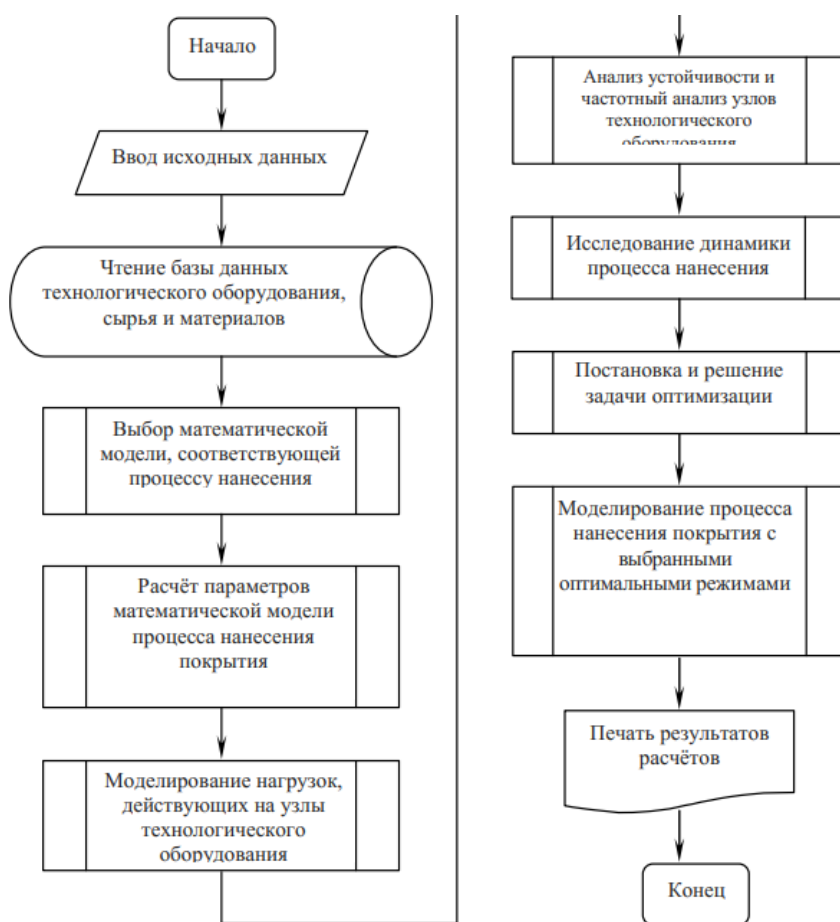


Рисунок 1. Обобщённый алгоритм проектирования автоматизированной линии по нанесению гальванических покрытий

Такие задачи решались в условиях производственного машиностроения в г. Оренбург. На предприятии было запланировано установить пять автоматических линий анодирования, пассивации, травления штамповок, воронения, фосфатирования, включающих 120 ванн.

Проект включал замену и установку автоматизированных линий, рабочих палуб и вентиляторов, необходимый ремонт помещения.

Проект предусматривал, что процессы гальванического покрытия будут полностью автоматизированы, что позволяет исключить человеческий фактор и точно соблюдать технологический процесс.

В целях снижения вредных и опасных факторов автоматические крышки ванн исключают распространение паров различных реагентов и непосредственный контакт исполнителей с рабочими растворами, а специальные скрубберы позволяют очистить до 99,99% воздуха.

Расположение ванн – однорядное.

Для загрузки / выгрузки штанг линия укомплектована передвижной стойкой, позволяющей доставлять подвески с деталями из зоны монтажа к линии. Линия передвижной стойки позиции загрузки-выгрузки оснащена направляющими с концевым выключателем. Загрузка/выгрузка деталей осуществляется с одной стороны, расположенной в начале линии. В состав линии входит вспомогательное оборудование. К нему относятся установка маслоотделения для ванн обезжиривания и насосы бочковые для перекачивания растворов.

Линия оснащена автооператором подвесного типа с возможностью работы вручную, полуавтоматическом и автоматическом режимах управления. Грузоподъемность автооператора максимально 450 кг.

Ванны предназначены для осуществления технологических операции и представляют собой корпус, наборах которого установлены опоры -ловители для укладки и фиксации на них подвески с деталями. Корпуса ванн снаружи укреплены стальными бондажами, несущими горизонтальные нагрузки. Бондажи ванн закрыты полипропиленовым профилем. Ванны с рабочими жидкостями повышенной температуры имеют теплоизоляцию, с целью уменьшения потерь тепла и эксплуатации и соблюдения правил охраны труда.

В качестве теплоизолирующего материала используется минеральная вата. Ванны изготовлены из конструкционных полимерных материалов. Материалы для ванн подобраны с учетом их химической стойкости в данных средах и с учетом температурных параметров.

Значительно сократить объем промывных вод позволяет дозированная подача воды в ванны промывки, когда вода подается только при нахождении в ваннах подвесок с деталями. В автоматических линиях можно организовать подачу воды в зависимости от площади поверхности загруженных деталей. Интенсификация промывок осуществляется путем перемешивания воды воздушным или безвоздушным методом, что также влечет к сокращению водопотребления и времени промывки деталей. Для перемешивания воды в ваннах промывки используют всем известный метод воздушного перемешивания с помощью барботёров.

Автоматическая система управления линией состоит из контролера, персонального компьютера с программным обеспечением и сопутствующих комплекствующих, необходимых для корректной и надежной работы линии. Сердцем автоматической гальванической линии является программа управления. Каждая программа создается для конкретной линии, и все её особенности и необходимые дополнительные функции должны обсуждаться с заказчиком оборудования.

Программа должна быть проста в эксплуатации и позволять специалистам любой квалификации составлять необходимую циклограмму передвижения автооператора, программировать время нахождения деталей в ваннах, температуру растворов, подаваемый ток, производить дозирование добавок в рабочие ванны в зависимости от наработки ампер-часов или от обработанной поверхности [4].

Кроме того, очень важно учитывать еще одну особенность гальванизации. Данный процесс, также, как и большинство других на производстве, предполагает определенную последовательность операций, имеющих конкретный порядок и указанный в карте технологической информации. Также большое значение имеет время проведения операций, которое нормируется по ГОСТу. Нарушение времени между операциями может привести к некачественному покрытию, поэтому необходимо, чтобы ванны на участке находились в шаговой доступности друг от друга.

Проводимая модернизация гальванического производства имеет неоспоримые преимущества. Обеспечивается автоматизация процесса, высокая производительность операций, повышается качество покрытий, а также снижается негативное экологическое воздействие на работников производства.

Экологический эффект характеризуют следующие процессы:

- очистка сточных вод. подбор и применение наиболее эффективных методов очистки для каждого производства дает высокий результат по исключению попадания загрязняющих веществ в окружающую среду;
- очистка воздуха. применение высокопроизводительной вытяжной вентиляции позволяет избежать выброса загрязняющих веществ вместе с воздухом в атмосферу;
- безопасность работы персонала. наши линии имеют изоляции, защитные покрытия и ограждения, что обеспечивает полностью безопасную их эксплуатацию.

Реализации проекта автоматической линии по нанесению гальванических покрытий на машиностроительное предприятие обеспечивает следующие экономические эффекты:

- снижение водопотребления. системы перелива наших современных линий позволяют повторно использовать воды для промывки изделий, тем самым сокращая необходимый расход воды;
- сокращение выноса растворов и составов из рабочих ванн. конструктивные особенности позволяют сократить вынос растворов и составов из рабочих ванн;

- экономия электрической и тепловой энергии. использование современных материалов и оборудования позволяет сокращать потери энергии и использовать оборудование с более высоким КПД;
- увеличение производительности. за счет сокращения времени на обслуживание линии и разработку управляющих программ оптимизируется время производства;
- уменьшение занимаемой площади. мы ведем разработку с использованием математического моделирования всех конструкций и процессов. гальванический участок будет занимать минимум возможной площади.

Список литературы

1. Крылов Е.А. Проектирование экономичных гальванических линий /Крылов Е.А.// Мир гальваники. 2020. –№ 3 (16).– Текст : электронный. – URL: <http://www.rts-engineering.ru/Gal/glArt/glArt1.shtml> (дата обращения: 22.12.2020)
2. Гибкие автоматизированные гальванические линии: хрестоматия / сост.: А.Е. Новиков, А.Б. Даринцева – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006. – 221 с..
3. Петров, О.А. Обзор конструкций и перспективы развития автооператоров для гальванических линий / О.А. Петров, П.Е. Вайтехович, В.С. Францкевич // Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий: материалы 3-го Республ. Науч.-техн. Семинара, Минск, 5-6 декабря 2013г. –Минск: БГТУ, 2013. –С. 139–142.
4. Родина А.А. Структура блочно-модульной САПР гальванической линии /А.А. Родина // Актуальные проблемы в машиностроении. 2014. № 1. С. 269-274.

К ВОПРОСУ КОНТЕНТ-АНАЛИЗА ВОСТРЕБОВАННОСТИ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор,
Горайнова Т.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»,
Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал ОГУ)

Вопрос востребованности различных видов умений будущих инженеров в современной образовательной практике возникает в связи с проектированием образовательных программ высшего образования. Основой разработки таких программ является система федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (далее ФГОС ВО). ФГОС ВО включает инвариантную относительно направления подготовки структуру (рисунок 1), которая определяет конкретику профессиональной деятельности посредством трех типов компетенций как требований к результатам освоения данной программы.

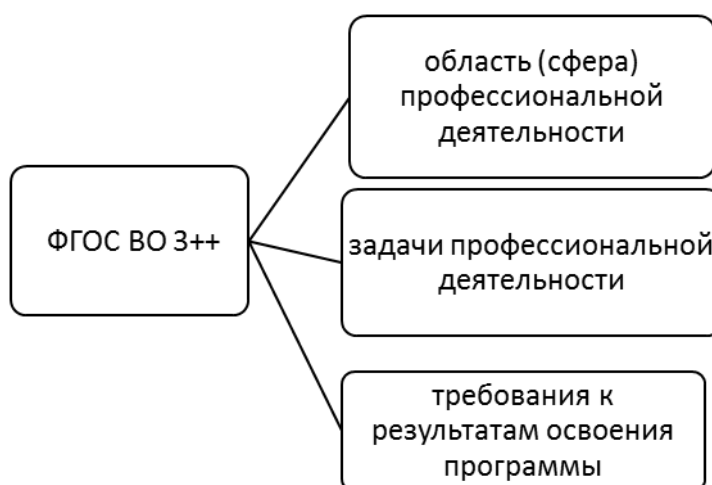


Рисунок 1 – Описание образовательной программы бакалавра в ФГОС ВО 3++

В свою очередь комплекс компетенций включает базовый набор универсальных компетенций (УК), в основном одинаковый для всех инженерных направлений подготовки, и комплекс общепрофессиональных компетенций, специфичный для каждого направления подготовки.

Кроме того, ФГОС ВО устанавливает необходимость профессиональных компетенций, которые определяются по согласованию с работодателями и отвечают установленному перечню профессиональных стандартов (рисунок 2).

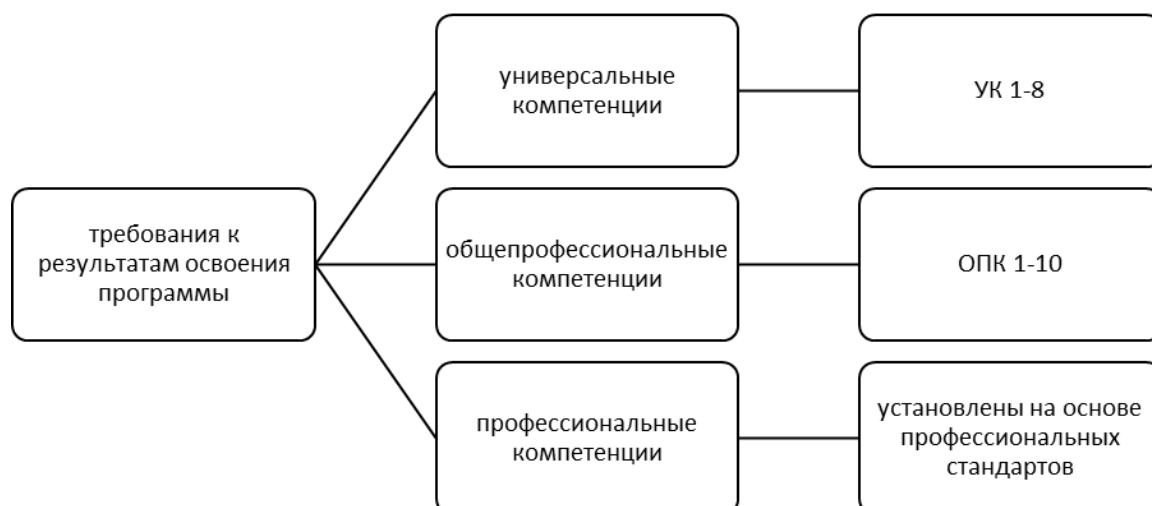


Рисунок 2. Требования к результатам образования в соответствии с ФГОС ВО 3++

Далее, задачей преподавателя высшей школы является самостоятельное определение на основе требований профессионального стандарта и работодателей региона содержания элементов компетенций будущего выпускника-бакалавра – знаний, умений, опыта деятельности (навыков).

С этой целью ФГОС ВО ориентирует на «анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники, иных источников» [1].

Такой опыт в вузах имеется, он основан на более чем 10-летних разработках образовательных программ в компетентностном формате [1, 2] с использованием контент-анализа.

В первую очередь контент-анализ может быть использован в концептуальных подходах к инженерной деятельности. Концепции современных производств, отраженные в профессиональных стандартах, основаны на идее обеспечения жизненного цикла изделия (ЖЦИ).

ЖЦИ характеризует различные фазы, этапы и периоды от возникновения потребности в данном изделии до его ликвидации. Такой длительный и разнообразный временной охват выявляет потребность в долгосрочном, среднесрочном и краткосрочном прогнозах востребованности, проектирования, реализации и утилизации изделия и нацеливает на формирование соответствующих умений у будущих инженеров.

Еще более определенный результат представляет контент-анализ диссертационных исследований в сфере технических наук, проведенный нами по данным электронного каталога диссертаций Российской государственной библиотеки (таблица 1).

Таблица 1. Количество защищенных диссертации по проблемам инженерного прогнозирования в различных отраслях промышленности России за период 1990 – 2020 гг. (авторский анализ данных электронного каталога диссертаций Российской государственной библиотеки)

Отрасль «Технические науки»	Количество диссертаций
Строительство	134
Безопасность деятельности человека	108
Машиностроение и машиноведение	87
Энергетика	85
Транспорт	77
Транспортное, горное и строительное машиностроение	53
Приборостроение, метрология, информационно-измерительные приборы и системы	49
Металлургия	48
Обработка конструкционных материалов в машиностроении	30
Авиационная и ракетно-космическая техника	24
Электротехника	13
Электроника	13
Кораблестроение	10

Как следует из анализа диссертационных работ, прогностические умения необходимы на всех этапах обеспечения жизненного цикла изделий. Анализ действующих профессиональных стандартов производственных отраслей также выявил разнообразные варианты элементов умений инженеров, связанных с прогностической деятельностью.

Например, для бакалавров-строителей контент-анализ текстов профессиональных стандартов по описаниям умений, проведенный нами [2], выявил следующие значимые характеристики прогностических умений:

- прогнозировать природно-техногенные опасности,
- прогнозировать внешние воздействия,
- оценивать риски,
- вырабатывать варианты решений,
- осуществлять оперативное и перспективное планирование,
- выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений,
- оценивать риски, связанные с реализацией проекта,
- находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для моделирования и расчетного анализа,
- анализировать и оценивать технические решения строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых объектов,
- оценивать влияние инженерно-геологических условий и опасных процессов,

- разрабатывать предложения по проведению дополнительных изысканий.

Для исследований по научным специальностям области «Машиностроение и машиноведение» контент-анализ выявил такие характерные умения как:

- моделирование, прогнозирование и оценка эксплуатационных свойств [3];
- прогнозирование и снижение уровня влияния различных факторов [4];
- прогнозирование остаточного ресурса [5].

В области машиностроения и машиноведения разработаны методики и методы прогнозирования (14 работ), методология прогнозирования (две докторских диссертации) [6], [7].

Кроме того, среди исследований в данной научной области мы выделяем такие направления как :

- прогнозирование технического состояния;
- прогнозирование изменения работоспособности станка при его длительной эксплуатации;
- прогнозирование и повышение долговечности;
- прогнозирования ресурса;
- прогнозирования износа;
- прогнозирование работоспособности;
- квалиметрическое прогнозирование показателей качества;
- прогнозирование твердости и шероховатости обработанной поверхности и многие другие.

Эти исследования определяют востребованность умений прогнозирования в инженерном сопровождении жизненного цикла изделия на стадии проектирования, эксплуатации, модернизации и ремонта.

Выделенные позиции фиксируют наполнение прогностических умений будущих инженеров, а также указывают на необходимость их формирования в условиях вуза, отработки в практике, создания условий оценки значимости прогностики для самих будущих бакалавров.

Формирование прогностических умений студентов представляет собой мало разработанную проблему профессионального образования. Следует отметить в этом аспекте основополагающие работы Б.С.Гершунского, Л.А. Регуш, а также исследования Е.О. Филипповой, М.Ю. Краева, А.Ф. Присяжной и других. В то же время, подготовка будущих инженеров к действиям в будущих непредвиденных ситуациях как формирование умений прогностического характера практически не исследована.

Таким образом, актуальна задача научного обоснования методов формирования прогностических умений будущих инженеров в условиях вуза.

Список литературы

1. Белоновская И.Д. Конструирование вариативных образовательных программ инженерной подготовки в условиях университетского комплекса/ И.Д. Белоновская, К.Е. Цветкова – М : Дом педагогики, 2010.- 191 с.
2. Горяйнова Т.А. Механизм создания образовательной программы бакалавра строительного направления подготовки на основе ФГОС 3++» / Т.А. Горяйнова, Н.В. Бутримова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). – Оренбург: ОГУ, 2018. – С.3609-3613
3. Егорова, М. А. Разработка методов моделирования, прогнозирования и оценки эксплуатационных свойств полимерных текстильных канатов на стадии организации их производства для повышения конкурентоспособности : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.02.22 / Егорова Марина Авирировна; [Место защиты: С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна]. - Санкт-Петербург, 2018. - 16 с.
4. Белов, Е. Б. Уменьшение волнистости поверхности при точении за счет прогнозирования и снижения уровня автоколебаний : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.02.07 / Белов Евгений Борисович; [Место защиты: Сев. гос. ун-т]. - Севастополь, 2017. - 20 с.
5. Рябов, А. А. Прогнозирование остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров с применением электромагнитных измерений : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.02.13 / Рябов Александр Андреевич; [Место защиты: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т]. - Уфа, 2018. - 24 с.
6. Варепо, Л. Г. Методология прогнозирования качества офсетной печати с учетом микрогеометрии поверхности запечатываемых материалов : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.02.13 / Варепо Лариса Григорьевна; [Место защиты: Моск. гос. ун-т печати им. Ивана Федорова]. - Москва, 2014. - 34 с.
7. Наумкин, Е. А. Методология прогнозирования ресурса нефтегазового оборудования, эксплуатируемого в условиях циклического нагружения, на стадии проектирования и эксплуатации : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.02.13 / Наумкин Евгений Анатольевич; [Место защиты: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т]. - Уфа, 2011. - 48 с.

ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Белоновская И.Д., д-р пед. наук, профессор, Корнипаева А.А.,
канд.техн.наук, Корнипаев М.А., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Пандемия коронавируса принесла большие изменения во многие стороны жизни, в том числе и в образование. Переход на дистанционную форму обучения стал вынужденной, но необходимой мерой для сохранения учебного процесса в чрезвычайных обстоятельствах. Негативные аспекты дистанционной формы обучения можно разделить на несколько видов (рисунок 1).

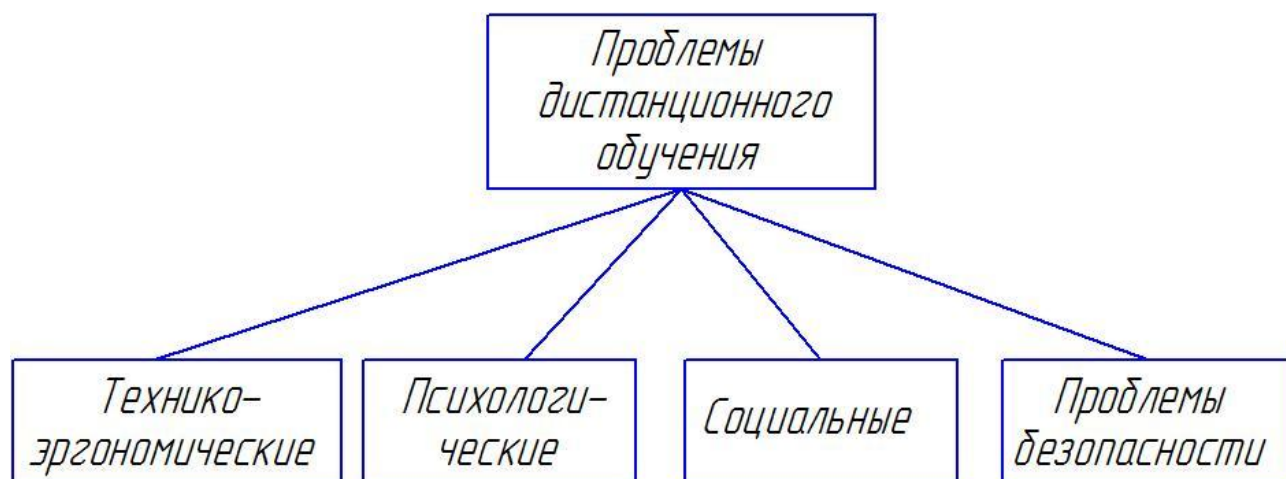


Рисунок 1 – Виды проблем дистанционного обучения

К технико-эргономическим следует отнести:

- отсутствие технических средств и возможностей со стороны обучающихся;
- приемлемых условий для создания комфортной учебной среды.

Говоря о психологических проблемах при дистанционном формате обучения стоит разделять реакцию на внешние события и причины личностного характера. Источник первых – это прежде всего негативные последствия изменений привычного образа жизни – самоизоляция, ограничение передвижения (особенно актуально для иногородних студентов, доля которых в Аэрокосмическом институте составляет 43 % от общего количества студентов), страх перед болезнью и ее последствиями, как медицинскими, так и экономическими и социальными. Причины личного характера – это прежде всего личные особенности обучающегося, такие как отсутствие самодисциплины, неготовность к самостоятельной работе при удаленном формате обучения (что отметили около 10% студентов одной из групп АКИ).

К негативным социальным аспектам следует отнести отсутствие «живого» общения как между преподавателем и студентом, так и между студентами, что за-

трудняет работу над коллективными проектами, проведение «мозгового штурма» и т.п.

С использованием информационных систем возникают и вопросы к безопасности при проведении дистанционных занятий (например защита персональных данных от взлома или утечек), вопросы идентификации и контроля при опросе или во время проведения экзамена.

Все эти моменты возникают при переходе на дистанционный формат любых видов занятий, а у технических специальностей добавляются и своя специфика, связанная с организацией и проведением практических и лабораторных работ.

Например, проведение одного из занятий, направленного на исследование влияния жесткости заготовки на точность обработки по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств» включает в себя такие пункты:

- 1) измерение диаметров заготовки до обработки в трех сечениях, определение среднего значения;
- 2) точение заготовки вала по всей длине при заданных режимах;
- 3) измерение диаметра заготовки в трех сечениях после обработки;
- 4) определение фактического отклонения формы вала;
- 5) определение расчетного радиуса вала в среднем сечении;
- 6) определение расчетного отклонения формы вала;
- 7) сопоставление фактического и расчетного отклонения формы вала;
- 8) оформление отчета с выводами по работе;
- 9) сдача преподавателю отчета и ответы на контрольные вопросы [1].

Дистанционный формат обучения накладывает свои ограничения и вместо личного присутствия (участия) студенты вынуждены на этапах 1-3 выступать в роли наблюдателей (рисунок 2, 3).



Рисунок 2 – Второй этап занятия

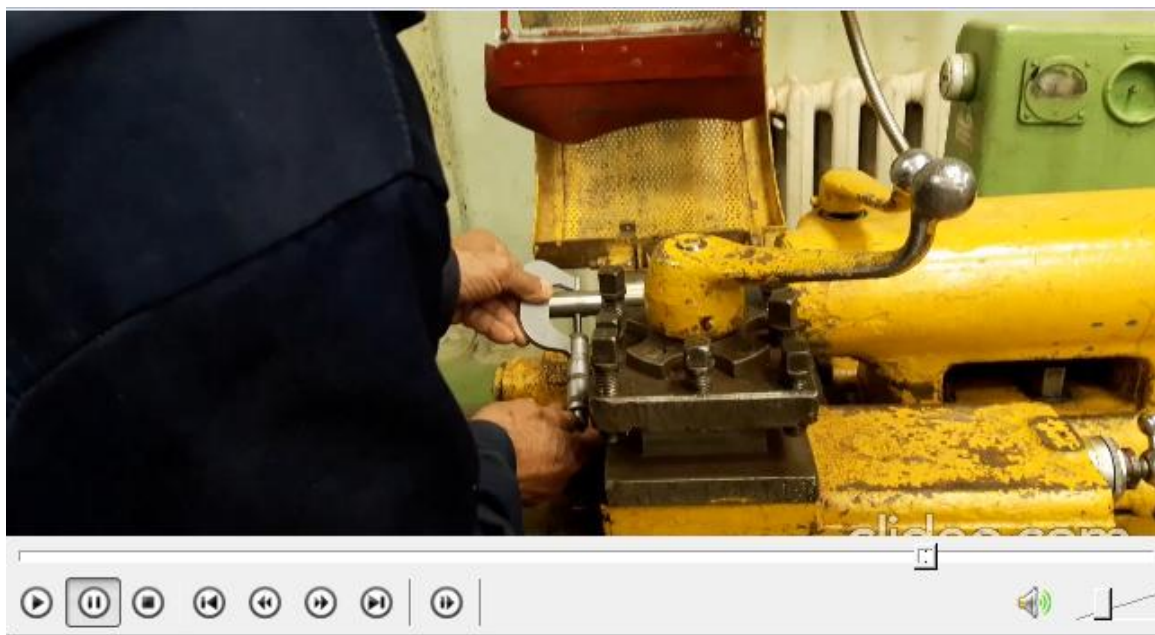


Рисунок 3 – Третий этап занятия

Таким образом, обучение в дистанционном формате требует от преподавателя решения целого комплекса проблем, вызванных как внешними причинами, так спецификой направления подготовки.

Список литературы

1 Абрамов, К.Н. Основы технологии машиностроения, технология машиностроения: методические указания к лабораторным работам / К. Н. Абрамов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2010. - 90 с.

НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ 15.03.01 И 15.04.01 «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Богодухов С.И., д-р техн.наук, профессор,

Козик Е.С., канд.техн.наук, доцент, Букаев В.Д.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет», Оренбург

В настоящее время новейшие технологии в машиностроительной индустрии появляются всё более массово. Машиностроение является огромной отраслью с большим количеством разветвлений, куда входят такие направления как: дизайн и производство транспорта, робототехника, изготовление промышленных станков, бытовые приборы, радиотехника, электротехническая промышленность и пр.

Основой современного машиностроения справедливо считаются наукоёмкие технологии и инновации, возникающие на пересечении нескольких наук. В данный момент технический прогресс совместил в себе развитие энергетики, физические и химические достижения, высокоэффективные компьютерные технологии, программные продукты и пр. Это сочетание позволяет разрабатывать и выпускать многокоординатные, гибкие, многофункциональные машины и находить новые методы их производства [1].

С появлением новых инновационных материалов в машиностроение, тема упрочнения режущего инструмента становится все более актуальной. В последние годы в связи со стремительным развитием машиностроительной отрасли в нашей стране, возрастает потребность в применении высококачественного инструмента.

С помощью твердосплавного инструмента снимается около 70% всей стружки. Сплавы WC-Co являются наиболее прочными, из известных спеченных твердых сплавов, но недостаточно твердые и износостойкие. Поэтому возрастает необходимость в улучшение качества твердых сплавов, за счет применения упрочняющих технологий .

Обзор исследований различных авторов по теме упрочнения твердосплавного инструмента, позволил выделить перспективно развивающиеся технологические направления:

- метод химического осаждения (CVD процесс);
- метод физического осаждения (PVD процесс);
- метод атомно-слоевого осаждения (ALD- процесс);
- метод плазмохимического осаждения (PECVD – процесс);
- вакуумно-дуговое распыление;
- метод термического воздействия с использованием высококонцентрированных источников нагрева (ВКИН).

Имеется огромный опыт использования лазерного упрочнения инструмента различных типов и назначения, в том числе и твердосплавного.

В области упрочнения твердосплавного инструмента широко известны работы Лошака М.Г., Киффера Р., Креймер Г.С., Богодухова С.И., Осколковой Т.Н., Ярьсько С.И.. Также рассмотрением вопросов повышения износостойкости твердосплавного инструмента методом термического воздействия с использованием ВКИН занимались ряд исследователей: Кудинова Е.В., Кардаполова М.А., Кавальчук Е.В., Шагров М.Н.. Работы посвящены изучению физико-химических свойств упрочненного твердосплавного инструмента.

Установлено, что исследуемые поверхности твердосплавного инструмента обладают, как правило, повышенной прочностью, твердостью, теплостойкостью и износостойкостью.

Проводится импульсная лазерная обработка поверхности твердого сплава состава WC-TiC-Co в широком диапазоне параметров лазерного пучка (длительность импульса воздействия лазера $\tau = 10\text{-}20$ мс, энергия излучения в импульсе $E = 8,0 \pm 0,2$ Дж, диаметр пятна фокусировки $2\text{-}3 \pm 0,1$ мм, длина волны излучения $\lambda = 1,06$ мкм). Форма импульса – колокол (рисунок 1).

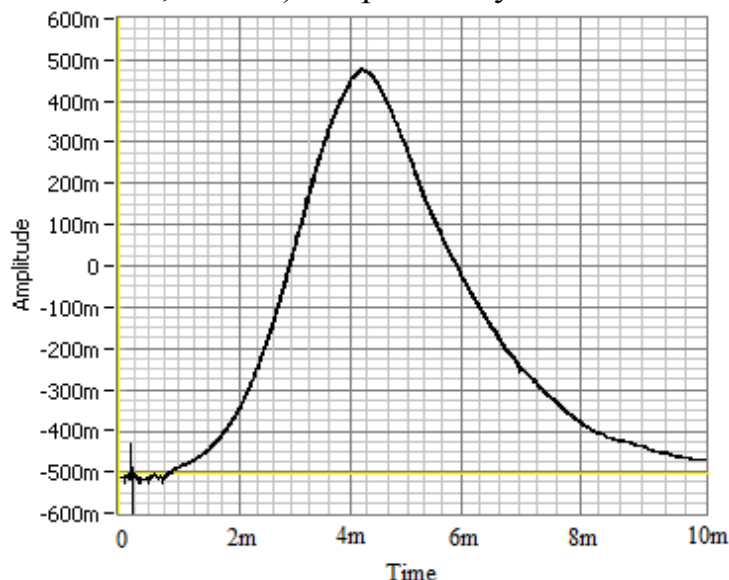


Рисунок 1– Осциллограмма импульса излучения лазера (колокол) $\tau \sim 10$ мс

В качестве объекта исследования применяли трехгранные пластины твердого сплава T15K6, размером $17,4 \times 17,4 \times 4,76$ мм, ГОСТ 19047-80 и штабики размером $5 \times 5 \times 35$ мм.

Внешний вид пластин твердого сплава T15K6 после импульсно-лазерного воздействия на установке LRS-150A представлен на рисунке 2. Обработку лазером проводили по контуру от выделенной точки по часовой стрелке [2-6].



а – $\tau = 10$ мс, $W = 8,0$ Дж, $\varnothing = 3,0$ мм; б – $\tau = 16$ мс, $W = 8,0$ Дж, $\varnothing = 3,0$ мм

Рисунок 2 – Внешний вид пластин после лазерного импульсного воздействия на установке LRS-150A

Были проведены испытания штабиков после импульсно-лазерного воздействия на установке LRS-150A на изгиб, алмазно-абразивные испытания, резание (число проходов – 5) (таблица 1).

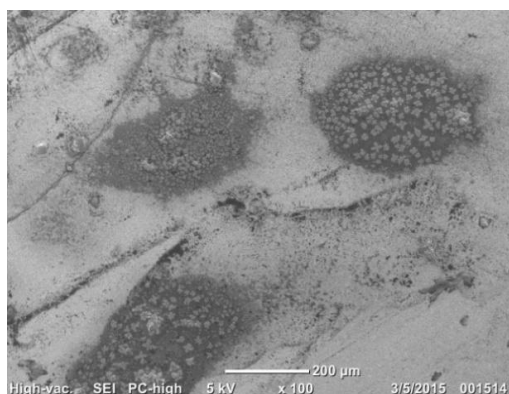
Импульсно-лазерное воздействие понижает износ примерно в 2-3 раза. Определена микротвердость, как среднее значение из 5 замеров, на всех гранях.

Анализ результатов таблицы показал, что микротвёрдость HV 0,1 у образцов после импульсно-лазерного воздействия выше, чем у исходных на 15%.

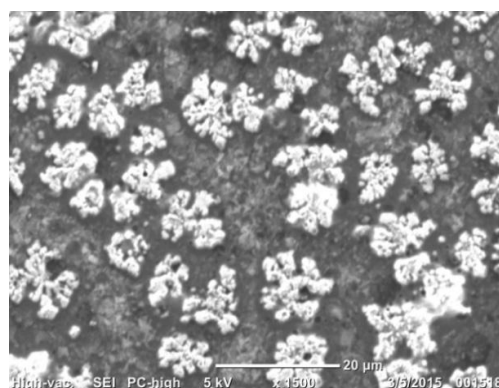
Для детального изучения импульсно-лазерного воздействия проводили обследование облученной поверхности образцов на электронном микроскопе JEOL JSM-6000. Микроструктура пятна импульсно-лазерного воздействия с характерными кратерами оплавления и закипания кобальтовой связки при воздействии лазера на твердый сплав T15K6 представлена на рисунке 3.

Таблица1 – Результаты испытаний штабиков после импульсно-лазерного воздействия

Режим термо-обработки	Предел прочности на изгиб, $\sigma_{\text{и}}$, Н/мм ²	Износ при резании, мм		Алмазно-абразивные испытания $\Delta P/S$, г/мм ²
		по передней поверхности, $h_{\text{пп}}$	по задней поверхности, $h_{\text{зп}}$	
Без обработки	1150	0,3	0,3	0,0008
$\tau = 10$ мс $W = 8,0 \pm 0,2$ Дж $\varnothing = 3,0 \pm 0,1$ мм	1050	0,28	0,22	0,0007
$\tau = 12$ мс $W = 8,0 \pm 0,2$ Дж $\varnothing = 3,0 \pm 0,1$ мм	1000	0,14	0,2	0,0007
$\tau = 18$ мс $W = 8,0 \pm 0,2$ Дж $\varnothing = 3,0 \pm 0,1$ мм	980	0,15	0,1	0,0006



а)



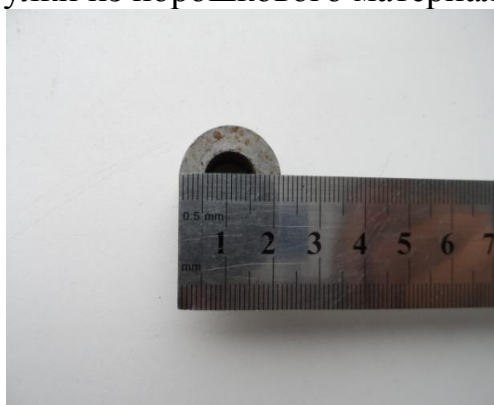
б)

а – х 100; б – х 1500

Рисунок 3 – Микроструктура облученной лазерным излучением поверхности твердого сплава Т15К6

При лазерном упрочнении, как и при объемной термической обработке в твердых сплавах наблюдаются, фазовые и структурные превращения [7,8].

Отдельным направлением работ, проводимых на кафедре материаловедения и технологии материалов рассматривается метод лазерного воздействия, в частности лазерная закалка порошковых сталей. Испытаниям подвергались втулки из порошкового материала марки СП100 (рисунок 4).



а



б



в

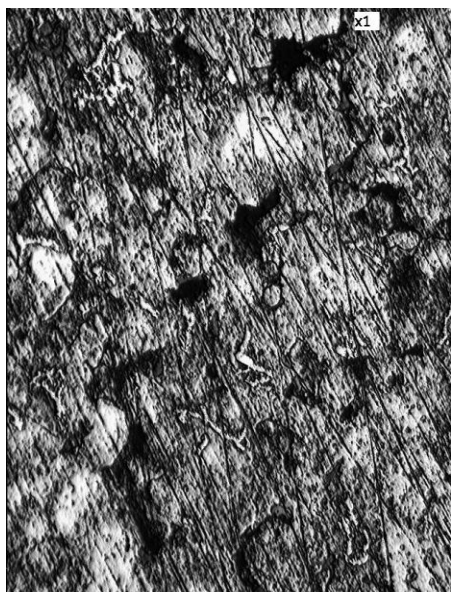


г

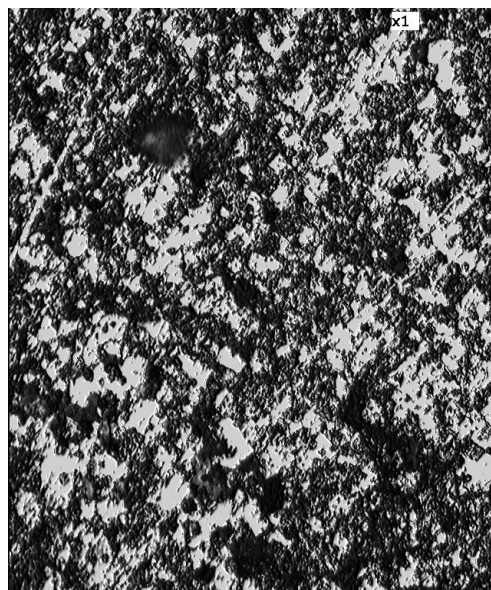
Рисунок 4 – Втулки из порошкового материала марки СП100

Обработка втулок производилась на ПО «Стрела» на лазерном комплексе ЛК-3015-ЛС-07. Скорость перемещения 10-40 мм/с, мощность излучения от 100 до 400 Вт.

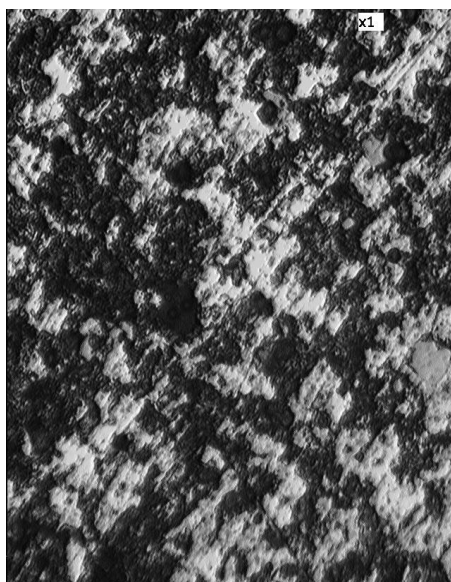
Перед проведением металлографических анализов образцы были отполированы и протравлены в реактиве HNO_3 . Порошковый материал травили 3-5 с. Микроструктура порошкового материала СП100 (исходного) и после лазерной закалки была рассмотрена на микровизоре μVizo – МЕТ-221 и представлена на рисунке 5.



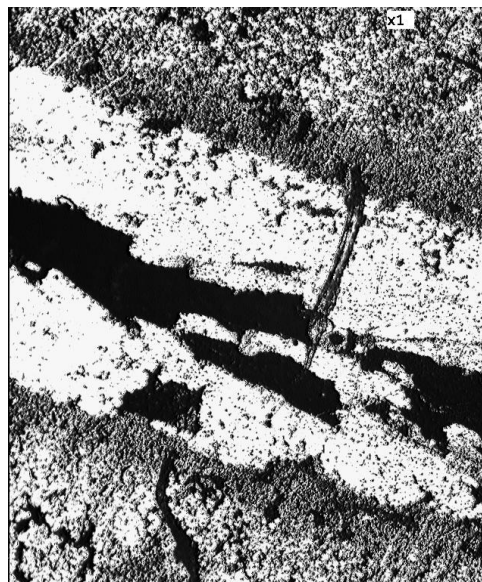
а



б



в



г

а – исходный образец; б – обработанный по режиму: 200 Вт, 30-40 мм/с, x500; в – 200 Вт, 30-40 мм/с, x1000; г – 200 Вт, 30-40 мм/с, x10.

Рисунок 5 – Структура образцов из материала СП100

Твёрдость образцов измеряли на приборе ТН 301. Результаты измерений представлены в таблице 2 и 3.

Таблица 2– Твёрдость материала СП100Д1,5 до и после лазерной закалки по разным режимам при высоких скоростях перемещения лазерного луча

Твёрдость, НВ							
Область укола Режим	Наружный край	Сере- дина	Внутрен- ний край	Наруж- ный край	Сере- дина	Нару- жны й край	Среднее значение твёрдо- сти
Исходный	60	55	-	53	60	-	60
СП100Д1,5 300 Вт, 30 мм/с	52	62	25	87	84	-	73
СП100Д1,5 300 Вт, 40 мм/с	84	73	8	55	66	31	69
СП100Д1,5 400 Вт, 30 мм/с	46	95	47	-	68	-	82
СП100Д1,5 400 Вт, 40 мм/с	-	62	20	33	59	-	60

Анализ таблицы 2 показал увеличение твердости порошкового материала СП100Д1,5 в 1,5 раз после лазерной обработки при высоких мощностях и скоростях перемещения лазерного луча.

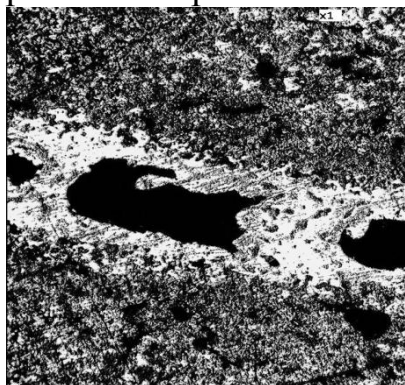
Таблица 3– Твёрдость материала СП100 до и после лазерной закалки по разным режимам при низких скоростях перемещения лазерного луча

Твёрдость, НВ							
Об- ласть укола Режим	Наруж- ный край	Сере- дина	Внутрен- ний край	Наруж- ный край	Сере- дина	Нару- жный край	Среднее значение твёрдости
Исход- ный	60	55	-	53	60	-	60
СП100 100 Вт, 10 мм/с	56	89	-	24	83	-	86
СП100 100 Вт, 20 мм/с	54	78	34	63	77	51	78
СП100 100 Вт 30 мм/с	117	140	84	97	120	95	130

СП100 100 Вт, 40 мм/с	47	83	49	64	86	47	85
-----------------------------	----	----	----	----	----	----	----

Из анализа полученных результатов твердости порошкового материала СП100 можно отметить, что твёрдость после лазерной закалки в 4 раза возросла при режиме 200 Вт 30-40 мм/с и в 1,5 раза при 100 Вт 10-20 мм/с.

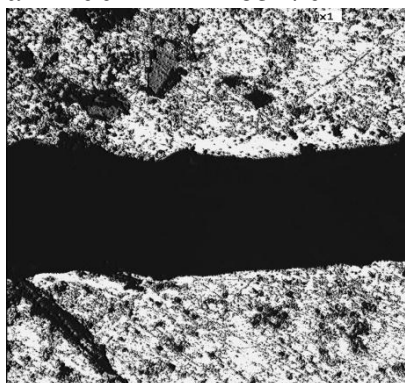
Измерение микротвердости материалов производилось на микротвердомере ПМТ-3М при нагрузке 50 г. На рисунке 6 приведены микроструктуры порошкового материала СП100 и СП100Д1,5 после лазерной обработки по различным режимам.



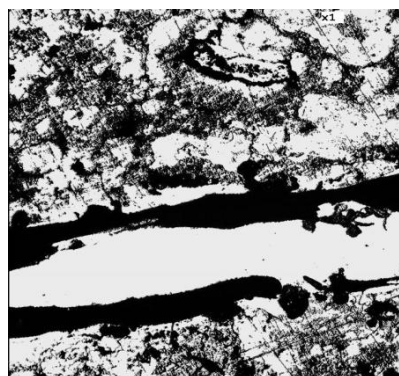
а – 100 Вт НВ 65-70



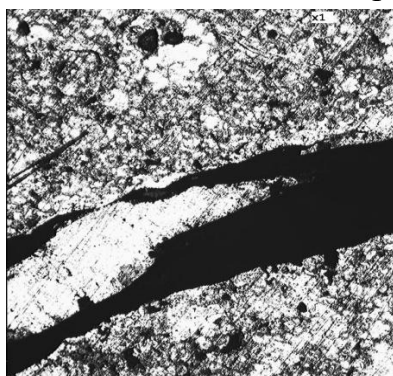
б – 200 Вт НВ 165-215



в – 300 Вт НВ 50-55



г – 300 Вт НВ 55-60



д – 400 Вт НВ 45-65

а – 100 Вт, 10-20 мм/с x100; б – 200 Вт, 30-40 мм/с x100; в – 300 Вт, 10-20 мм/с x100; г – 300 Вт, 30-40 мм/с x100; д – 400 Вт, 30-40 мм/с

Рисунок 6 – Микроструктура порошкового материала СП100 и СП100Д1,5 в зоне лазерного упрочнения

Результаты проведенных исследований показывают, что лазерно-импульсная обработка приводит к повышению физико-механических и эксплуатационных свойств твердого сплава. Процесс изнашивания инструмента замедляется. Работы по непрерывной лазерной обработке в настоящее время становятся актуальными. Лазерная непрерывная обработка обладает рядом преимуществ по сравнению с лазерной импульсной из-за отсутствия ограничений по длительности лазерного воздействия и зоны многократного нагрева, что способствует увеличению равномерности свойств по поверхности.

Анализ литературных данных позволяет определить тематику направлений дальнейших научно-исследовательских работ для бакалавров и магистров по направлениям подготовки 15.03.01 и 15.04.01 Машиностроение. Определен перспективный метод упрочнения твердых сплавов группы ВК, это метод непрерывного лазерного излучения для упрочнения инструментальных вольфрамкобальтовых твердых сплавов. Однако данный метод требует более детального изучения и оптимизации технологии.

Список литературы

1 Лошак, М. Г. Прочность и долговечность твердых сплавов./ М. Г. Лошак. – Киев: Наука Думка, 1984. – 328 с.

2 Кудинова, Е. В. Принципы оптимизации режимов плазменной обработки инструмента из твердого сплава / Е. В. Кудинова // Университетская наука-2011 : в 3 т. : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 17-19 мая 2011 г.) / ПГТУ. – Мариуполь, 2011. – Т. 2. – С. 128–130.

3 Осколкова, Т. Н. Упрочнение поверхности карбидовольфрамового твердого сплава электровзрывной обработкой/ Т. Н. Осколкова, Е. А. Будовских // Вести высших учебных заведений Черноземья. – Липецк, 2011. – №1(23) – С. 88-92.

4 Кудинова, Е.В. Синтез ультрадисперсных модифицированных слоев на твердых сплавах плазменной обработкой.: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.07: защищена 2016:утв. 2016/Е.В. Кудинова. – Мариуполь, 2016. – 153 с.

5 Обидина, О. В. Влияние плазменной обработки на структуру и свойства твердого сплава ВК10/ О. В. Обидина, В. М. Шеменков, Ф.М. Трухачев, А. В. Маркидонов //Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – Барнаул, 2015. – Том 12. – №140 – С. 482-487.

6 Кардаполова, М. А. Лазерное упрочнение инструментальных твердых сплавов /М. А. Кардаполова, А. С. Лапковский, О. Н. Кавальчук // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы международной научно-практической конференции; Минск, 11 апреля 2012 года. - Минск: Бизнес офсет, 2012. – С. 102-103.

7 Ярьсько, С. И. Повышение работоспособности металлорежущего инструмента на основе совершенствования технологических процессов лазерного импульсного упрочнения: автореф. дис. ...докт. техн. наук / С. И. Ярьсько. – Волгоград, 2010. – 32 с.

8 Богодухов, С. И. Влияние лазерного упрочнения на состояние поверхностных слоев твердого сплава Т15К6/С. И. Богодухов, Е. С. Козик, Е. В. Сви-денко // Научно – методический электронный журнал концепт . – 2016. – №Т11. – С. 636-640.

9 Патент РФ 2517632, МПК. В 22 F 3/24.Способ повышения физико - ме-ханических свойств инструментальных и конструкционных материалов методом объемного импульсного лазерного упрочнения (ОИЛУ) / Пинахин И.А. [и др.]; ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет» // №2013100379/02, Заявл. 09.01.2013; Оpubл.27.05.2014.

10 Креймер, Г. С. Прочность твердых сплавов./ Г. С. Креймер. – Москва: Металлургия, 1971. – 248 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ

**Бунин К.А., Трипкош В.А. канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

При решении задач охраны труда и технической безопасности на производстве вопросам управления данными на наш взгляд уделяется недостаточно внимания. В то время как с правовой точки зрения эти задачи являются наиболее важными и актуальными для современных предприятий и организаций.

Современная модель системы управления охраной труда основана на известном принципе: «планируй – выполняй – контролируй – совершенствуй» [1]. Модель базируется на отечественном [2] и международном [3] стандартах и предполагает решение ряда задач:

- разработку политики в области охраны труда на предприятии;
- планирование;
- внедрение и обеспечение функционирования;
- проверочные и корректирующие действия;
- рассмотрение руководством;
- последовательное улучшение.

Одной из наиболее важных проблем является отсутствие полного контроля над данными по охране труда и технической безопасности на предприятиях и организациях, так как проблема обеспечения безопасности людей на производстве практически всегда решается в условиях ограниченных экономических возможностей. С учетом этого можно выделить следующие основные задачи, требующие своего решения:

- оснащение предприятий и организаций наиболее современными методами управления на производстве и контроле обслуживающего персонала;
- обеспечение персонала точной, достоверной информацией о технической безопасности.

При положительном решении этих задач информационно-управляющая система предприятия обеспечит централизованный контроль над данными на предприятии и технической безопасности, оперативное оповещение рабочего персонала об опасности на производстве в условиях ограниченных экономических возможностей.

Все элементы системы охраны труда и технической безопасности предполагают оперирование большими массивами разнородных данных, поэтому требуется определиться с моделью управления данными.

Существуют несколько разновидностей моделей управления данными:

- иерархическая модель данных (представляет собой совокупность элементов, связанных по строго определенным правилам);

- сетевая модель данных (элементами этой модели являются уровень, узел и связь);
- реляционная модель данных (это способ представления данных в виде таблиц);
- система инвертированных списков (система индексов).

В своей работе мы будем использовать иерархическую модель представления данных. Каждый уровень будет связан с другим по смыслу и вся система будет подчиняться определенным правилам. Данная модель на наш взгляд лучше всего будет отражать данные по охране труда и технической безопасности, так как она отличается своей простотой в применении на объектах или в организациях [4].

Целью данной статьи является разработка предложений по реализации иерархической модели управления данными по охране труда и технической безопасности на предприятиях и в организациях.

В ряде изданий излагаются разные подходы к реализации систем контроля и управления охраной труда и технической безопасностью на предприятиях [4, 5, 6].

В данной работе предлагается подход, предусматривающий реализацию всего комплекса аппаратно-программных средств управления данными по охране труда и технической безопасности в виде иерархической структуры улучшения контроля данными и технической безопасностью.

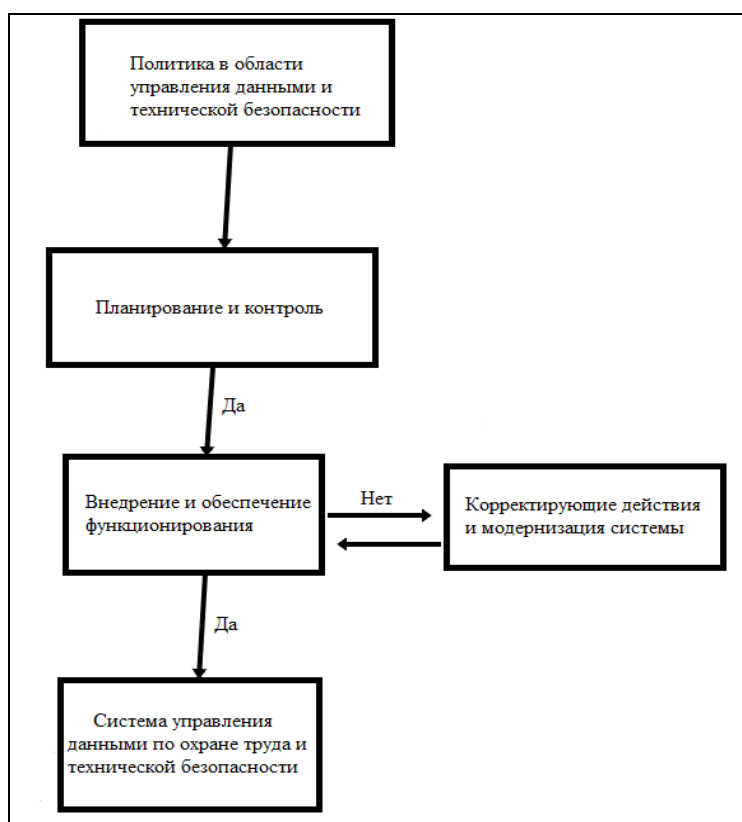


Рисунок 1 – Иерархическая структура управления данными по охране труда и технической безопасности

Предлагаемая модель на первом уровне – уровне политики в области управления данными и технической безопасности – включает:

- обязательства руководства по обеспечению рабочему персоналу комфортных и безопасных условий труда;
- обязательства руководства по улучшению и модернизации управления данными с учетом предыдущих данных, полученных в ходе функционирования системы.

Обеспечение своих обязательств перед рабочим персоналом предприятие или организация может продемонстрировать с помощью обратной связи и быстрого и качественного мониторинга (системы контроля доступа, системы инженерных инструкций и т.д.) за каждым из сотрудников и их состоянием на рабочем месте.

Второй уровень модели – уровень планирования и контроля – включает:

- разработку программы по улучшению условий труда;
- контроль управления данными по охране труда;
- контроль технической безопасности на объектах;
- контроль аппаратно-программного комплекса;
- контроль доступа рабочего персонала и своевременную аттестацию сотрудников.

На уровне планирования и контроля требуется разработать аппаратные и программные средства по получению и хранению текущих данных на промышленном объекте и технической безопасности на рабочих местах сотрудников с реализацией мер по защите этих данных от утечки по техническим каналам связи.

Хранение данных, которые будут накапливаться на предприятии или организации (количество сотрудников, безопасность, система слежения за периметром и др.). Данные должны будут поступать в специальный банк данных, где информация будет обрабатываться и анализироваться не только специально оборудованным рабочим местом, но и сотрудниками, которые будут следить и так же оценивать ситуацию на предприятии или организации в целом.

Для более успешного контроля все возможные опасности на предприятии необходимо разделить на пять групп:

- опасные здания, рабочие площадки, сооружения;
- опасное оборудование;
- опасные вещества и материалы;
- опасность взлома или проникновения в систему;
- опасные действия и процедуры на рабочем месте.

Персонал необходимо обучать первичным и вторичным инструктажами для того, чтобы избежать последствий возникновения крайне опасных ситуаций. В первичном инструктаже стоит уделить внимание оборудованию, веществам и зданиям, на которых будет работать рабочий персонал. На вторичных инструктажах необходимо уже уделить внимание системе в целом и действия, которые человек будет выполнять при входе в эту систему.

После разделения и понимания в какой области возникла опасная ситуация персонал и аппаратно-программный комплекс сможет быстрее, с наименьшими затратами для предприятия или организации, реагировать на любое воздействие, как внутри предприятия или организации, так и извне.

Помимо контроля доступа и управления данными аппаратно-программный комплекс системы охраны труда и технической безопасности должен включать: видеонаблюдение, систему пожарной безопасности, мониторинг инженерных систем, мониторинг инженерных конструкций (если они имеются), охранные системы (датчики движения, звуковые датчики, световая сигнализация и др.) [2].

На каждом из предприятий или организаций на наш взгляд необходима двухуровневая защита от внешних воздействий. На первом уровне будут находиться датчики движения, система видеонаблюдения, световая сигнализация. На втором уровне будут внутренние системы и программы по защите от взлома банка данных предприятия или организации. Необходимо постоянно совершенствовать и уделять внимание каждому из этих уровней.

Третий уровень модели – уровень внедрения и обеспечения функционирования – предполагает реализацию аппаратно-программного комплекса по управлению данными на предприятии и комплекса решений технической безопасности (система видеонаблюдения, пожарно-охранная сигнализация, система по контролю сотрудников и т.д.).

На третьем уровне модели, также предполагается ступень корректирующих действий и модернизации системы. Предприятие или организация должны определить, если разработанная модель управления данными по охране труда и технической безопасности устраивает рабочий персонал и работает в полной мере, то на выходе формируется, та система управления данными по охране труда и технической безопасности, которая необходима предприятию или организации.

Возвращение на ступень корректирующих действий и модернизации системы происходит в том случае, если в системе возникают сбои или не выполняются установленные протоколы.

При реализации предложенных решений по совершенствованию системы управления данными по охране труда и технической безопасности следует ожидать объединения ранее несвязанных между собой отдельных процедур, что позволит формировать целый ряд показателей (отчетов), необходимых для регулярной практической работы аппаратно-программного комплекса.

Основная задача при построении системы управления данными по охране труда и технической безопасности – интеграция и слаженное взаимодействие всех составных частей этого аппаратно-программного комплекса [4]. Так же система управления данными по охране труда и технической безопасности на наш взгляд должна быть нацелена на совершенствование системы реагирования на происшествия и современное оперативное оценивание показателей охраны труда и технической безопасности в условиях повышенных рисков. Для этого и

необходимо техническое оснащение, и повышение компетенции органов контроля аппаратно-программного комплекса.

В настоящее время нельзя обойтись без качественного управления данными, а особенно в сфере охраны труда и технической безопасности, ведь от этой системы зависят жизни людей и безопасность рабочих мест на предприятиях или в организациях. Иерархическая структура управления данными по охране труда и технической безопасности предприятий и организаций представляет интерес с практической точки зрения, так как предлагаемые решения в достаточной мере отвечают задачам и функциям, возложенным на нее.

Реализация данной системы позволит существенно повысить оперативность сбора, обработки и представления персоналу достоверной и своевременной информации о предприятии или объекте, обеспечит повышенную техническую безопасность, улучшит систему аттестации сотрудников. Все это обеспечит большую результативность, надежную и безопасную среду для работы сотрудников предприятия, а также безаварийную работу аппаратно-программного комплекса.

Список литературы

1 Бузуев, И.И. Организация работы службы охраны труда и промышленной безопасности на предприятии : учебное пособие / И.И. Бузуев, Н.Г. Яговкин. – 2-е изд. – Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. – 74 с. – ISBN 2227-8397. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/90670.html> (дата обращения: 02.01.2021). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2 ГОСТ Р 12.0.006-2002 «Система стандартов безопасности труда. Общие требования к системе управления охраной труда в организации» Введ. 2002-29-05. Издательство стандартов.

3 OHSAS 18001-99 «Системы управления охраной здоровья и безопасностью персонала» Введ. 2003-01-01. Издательство стандартов.

4 Беляков, Г.И. Охрана труда и техника безопасности : учебник для прикладного бакалавриата / Г.И. Беляков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 404 с. – ISBN 978-5-9916-6038-9.

5 Охрана труда. Курс лекций для руководителей и специалистов служб охраны труда / Под ред. Л.П. Шариковой. – Нижний Новгород: Биота-плюс, 2007. – 172 с.

6 Бунин, К.А. Совершенствование системы охранно-пожарной сигнализации зданий и сооружений промышленного предприятия / К.А. Бунин, В.А. Трипкош // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : сб. материалов IX Всерос. конф. с междунар. участием, 14-15 нояб. 2019 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ [и др.]. – Оренбург: ОГУ, 2019. – С. 140-143.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО РАСЧЕТНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

Гаврилов А.А., канд.техн.наук

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Развитие информационных технологий и расширение возможностей коммуникации меняют требования как к знаниям, так и к способам их получения. С одной стороны, возможности современных программных сред позволяют организовать процессы создания (или компиляции), передачи и проверки информации, которая в рамках образовательного процесса представляет собой формируемые знания. С другой стороны, широкие возможности коммуникаций и ограничения в способах контроля открывает новые возможности для заимствований при выполнении отчетных контрольных заданий. При изучении ряда дисциплин эти возможности можно ограничить использованием систем поиска заимствований, но для расчетных дисциплин это практически невозможно.

Кроме того, необходимо учитывать, что самостоятельная работа студента является неотъемлемой частью учебного процесса. На этом этапе студент закрепляет теоретические знания и осваивает алгоритмы решения тех или иных задач, то есть получает необходимые компетенции [1].

В случае расчетных дисциплин актуальным становится вопрос формирования уникальных заданий для каждого обучающегося, а это, в свою очередь, приводит к необходимости автоматизации проверочных мероприятий. Уникальность задания не только создает некоторые сложности в поиске решений задачи по сравнению с классическими сборниками задач, но и повышает мотивацию обучающегося. Это может подкрепляться и различными формами проверки результатов, как, например, моментальная оценка «верно/неверно». Подобных подходов рассматривался в [2].

Далее рассмотрен пример задания для дисциплины «Строительная механика». Одним из разделов, изучаемых в курсе, является «Расчет многопролетных статически определимых балок». Целью расчета является построение эпюр внутренних силовых факторов и построение линий влияния.

В рамках решения задачи выполняются следующие действия:

- анализ геометрической неизменяемости многопролетной балки;
- для всех простых балок найти аналитически опорные реакции и построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил при действии заданной неподвижной нагрузки;
- пользуясь эпюрами для простых балок, построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил для всей многопролетной балки;
- построить линии влияния;

- пользуясь построенными линиями влияния, определить требуемые значения усилий;
- сравнить результаты, полученные при аналитическом расчете и расчете по линиям влияния.

Эти действия хорошо алгоритмизируются при решении задачи, поэтому легко автоматизировать формирование условия задачи и проверки результатов.

Пример исходных данных для задачи приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

№	Наименование параметра	Описание параметра
1	Число простых балок и их длины	находится в диапазоне 2..5 и определяет сложность задачи
2	Геометрия балки	расстановка опор происходит по определенным правилам (рисунок 1)
3	Внешние усилия, их значения и точки приложения	сосредоточенные и распределенные нагрузки, пары сил
4	Сечения, усилия в которых требуется определить	количество определяет сложность задачи

Дополнительно в качестве исходных данных могут фигурировать следующие значения, влияющие на сложность решения:

- задание значений величин нагрузок, точек их расположения, длин пролетов кратных целым числам (рисунок 2);
- принудительное расположение сечений вблизи опор или соединительных шарниров;
- ограничения на приложение распределенных нагрузок.

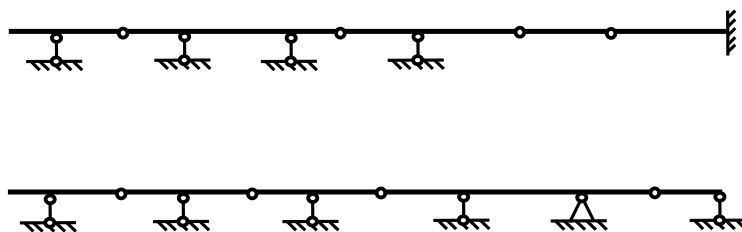


Рисунок 1 – Примеры геометрии пролетных балок

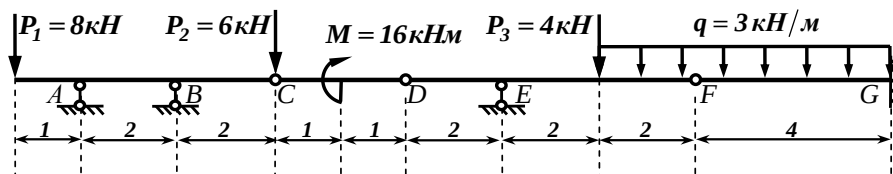


Рисунок 2 – Пример сформированной схемы

Для формирования задания разрабатывается программа на основе макросов в MS Access. Ею предусмотрено создание заданий различного уровня слож-

ности. Это достигается с помощью разной вероятности «выпадения» новых параметров из диапазона на основе уже имеющихся. База данных используется для хранения заданий и ответов, а так же позволяет идентифицировать обучающегося.

Автоматизация решения строится на классическом подходе расчета статически определимых систем по алгоритму приведенному выше, без задействования метода конечных элементов. Некоторую сложность представляет оценка геометрии схемы, но она решается на этапе расстановки опор.

Информация о геометрии схемы позволяет без затруднений выполнить построение линий влияния с выводом их в виде графика для дальнейшей апелляции.

Порядок работы с использованием предлагаемых заданий выглядит следующим образом:

1. Формирование списка группы в системе.
2. Задание параметров для создания условий задач.
3. Автоматизированное создание заданий, их решение, сохранение в базе шифров заданий и ответов.
4. Выдача заданий обучающимся с последующим решением.
5. Ввод обучающимся ответов на задачу с мгновенной оценкой правильности и прикрепление полного решения для апелляции и «ручной» проверки.

В качестве недостатка такого подхода необходимо отметить некоторые сложности автоматизированной оценки заданий, сформированных персонально. Эта функция не поддерживается обучающими платформами и требует дополнительных действий. Тем не менее, сам подход видится перспективным. Дальнейшее развитие алгоритма может состоять в формировании заданий с учетом тонкостенности сечений [3].

Список литературы

1. Морозов, Н. А. Формирование компетенций, связанных с самостоятельным решением задач [Электронный ресурс] / Морозов Н. А., Гаврилов А. А. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 29-31 янв. 2014 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург, 2014. - С. 377-379.

2. Гаврилов, А.А. Автоматизирование формирования заданий для самостоятельной работы студентов на примере задач по разделу «Динамика системы» дисциплины «Теоретическая механика» / А.А. Гаврилов, Н.А. Морозов // В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). - 2013. - С. 603-607.

3. Гребенюк, Г.И. Решение задач расчета и оптимизации тонкостенных многопролетных балок с учетом влияния вторичных сдвигов / Г.И. Гребенюк, А.А. Гаврилов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2016. № 4 (44). - С. 158-168.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Галина Л.В., канд. техн. наук, доцент,
Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент,
Русяев А.С., канд. техн. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Современные предприятия, работающие в производственном секторе экономики, используют высокоавтоматизированное оборудование, позволяющее достигать высокого качества производимых изделий. При этом перед руководителями стоит задача, максимально быстро и точно оценить эффективность производства на различных этапах обработки деталей. Особое внимание уделяется оценке эффективности при принятии решения о производстве, а также на этапе подготовки производства.

В настоящее время для оценки эффективности нашли применение два метода: аналитический расчет и компьютерное моделирование. Во многих проведенных исследованиях в качестве основного показателя эффективности принят срок окупаемости производственной системы.

Так Л.Ф. Баховский [1] предлагает рассчитывать срок окупаемости гибких производственных систем по следующей зависимости:

$$L_0 = \beta_1 \cdot \frac{1}{P_{гпс} \cdot k_{гпс}}, \quad (1)$$

где $P_{гпс}$ - производительность гибкой производственной системы, шт/мин;

$k_{гпс}$ - коэффициент загрузки основного технологического оборудования, %;

β_1 - коэффициент, учитывающий совокупность экономических и организационных решений.

В работе [2] М.А. Корнипаев предлагает воспользоваться несколько иной формулой для определения срока окупаемости системы:

$$L_0 = L_n \cdot \frac{T_{сз}}{T_{ц} \cdot k_{гпс}}, \quad (2)$$

где L_n - номинальный (плановый) срок окупаемости, лет;

$T_{ц}$ - продолжительность одного цикла работы производственной системы, час;

$T_{сз}$ - время выполнения сменного задания, час;

$k_{гпс}$ - коэффициент загрузки основного технологического оборудования, %.

Подобные аналитические методы расчета в своей основе используют ранее полученные экспериментальные данные. Анализ математических зависимостей оценки срока окупаемости, как показателя эффективности производства,

показал, что он зависит от данных, характеризующих функционирование производственной системы. Отсюда видно, что без рассмотрения набора показателей, характеризующих эффективность работы производственной системы, таких как: срок окупаемости производственной системы - принятого в качестве основного показателя, а также коэффициента загрузки оборудования и себестоимость производства изделия на данном оборудовании, невозможно полноценно провести оценку эффективности производства.

Большинство показателей, участвующих в аналитических формулах расчета можно получить лишь после проведения реальных испытаний производственных систем. Аналогом натурных испытаний является компьютерное моделирование работы производства. Следовательно, провести полноценную оценку эффективности аналитическим методом вновь создаваемой производственной системы невозможно, так же как провести оценку внедрения в производство новой (для предприятия) детали.

Единственно возможным выходом является применение компьютерного моделирования процесса функционирования производственной системы. В качестве исходных данных могут являться характеристики имеющегося на предприятии оборудования и деталей, которые планируется ввести в производство. При этом выходными данными будут являться показатели функционирования системы. [3]

Для проведения вычислительных экспериментов были составлены все возможные варианты сочетания параметров, принятых в качестве входных. Граф, иллюстрирующий сочетания, с вершинами, обозначающими значения конкретных параметров, представлен на рисунке 1.

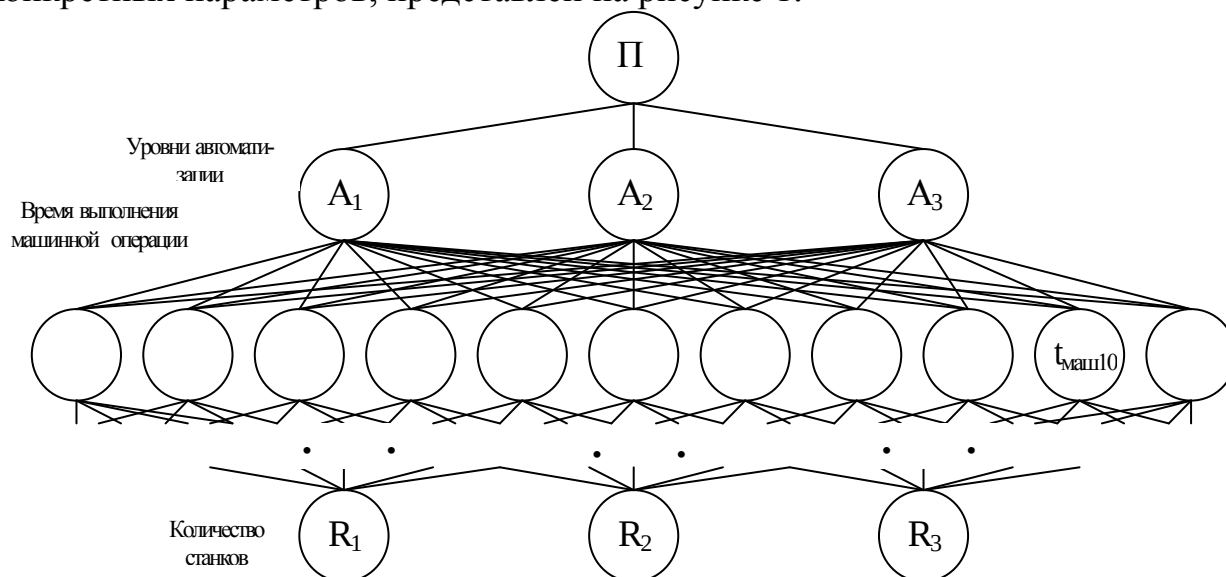


Рисунок 1 – Пример сочетания значений параметров

Кроме параметров, представленных на рисунке 1, в качестве входных рассмотрены: $X_T = \{t_{\text{маш}}, t_{\text{всп}}, m\}$ – множество параметров, характеризующий технологию изготовления изделия; $t_{\text{маш}}$ – машинное время перехода; $t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время перехода; m – количество переходов в операции; $X_{OP} = \{N, R\}$ –

множество параметров, характеризующих организацию функционирования оборудования; N – количество рассматриваемых деталей в партии запуска; R – количество станков в производственной системе; $X_{ОБ}=\{t_{смин}, t_{замин}, t_{смоду}\}$ – множество параметров, характеризующих технические характеристики оборудования; $t_{см}$ – время смены инструмента в шпинделе станка; $t_{зам}$ – время замены инструмента в инструментальном магазине; $T_{заг}$ – время смены изделия в рабочей зоне; A – уровень автоматизации вспомогательных функций.

При проведении компьютерного моделирования возможно различное сочетание параметров, принятых входными. В зависимости от выбранной комбинации различается последовательность ввода параметров. Один из вариантов ввода представлен на рисунке 2.

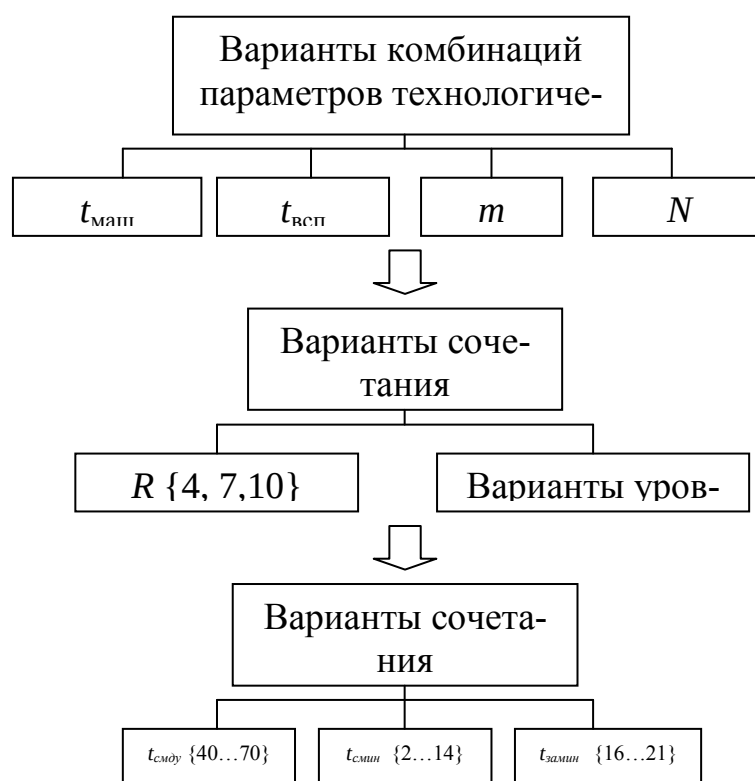


Рисунок 2 – Ввод комбинаций исходных параметров

Результатом проведения компьютерного моделирования является набор выходных параметров, которые без интерпретации не дают четкого понимания эффективности производства.

Именно для этой цели все полученные результаты были обработаны с помощью универсального средства математических расчетов MS Excel. Пример полученных диаграмм, иллюстрирующих выявленные закономерности представлен на рисунке 3.

Но для применения полученных зависимостей недостаточно простого графического представления, поскольку руководителям предприятий необходимы не графики а конкретные рекомендации и цифры, иллюстрирующие сроки окупаемости затрат, а следовательно и сроки получения прибыли.

Для достижения именно этой цели была проведена аппроксимация полученных графических закономерностей. Для всех вариантов полученных графических зависимостей рассчитаны математические модели. Примеры полученных математических моделей представлены в таблице 1.

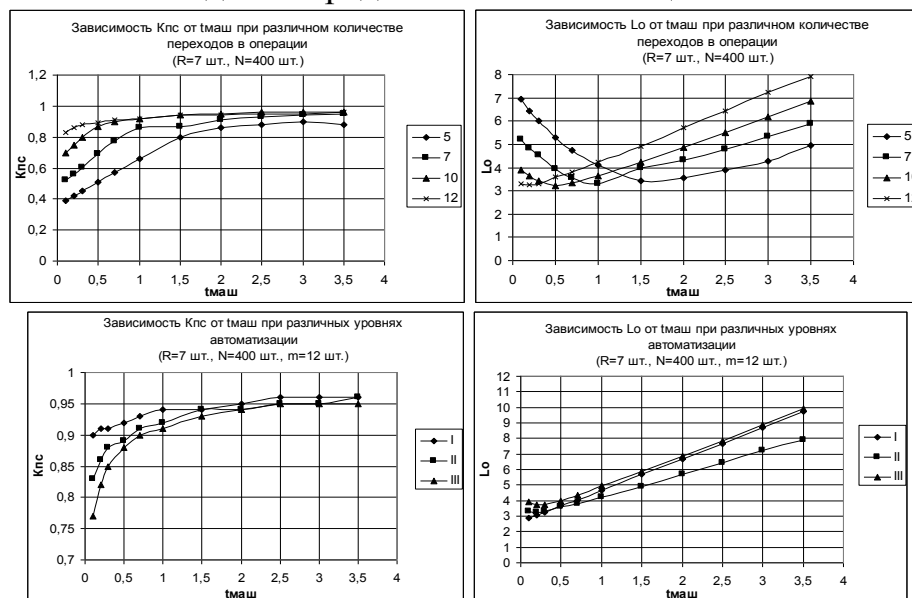


Рисунок 3 – Графическая интерпретация результатов вычислительных экспериментов

Таблица 1 – Математические модели при A=III, R= 4, tсмин = 2 сек, tсмду = 40 сек, tзамин = 16 сек, twсп = 1 мин, N=100.

М	$K_{гпс}=f(t_{маш})$	$Lo=f(t_{маш})$
5	$-0.0069x^4 + 0.0842x^3 - 0.3667x^2 + 0.681x + 0.5066$	$0.0301x^4 - 0.3x^3 + 1.0816x^2 - 1.3097x + 1.4354$
7	$-0.0124x^4 + 0.1099x^3 - 0.3457x^2 + 0.4723x + 0.7161$	$0.0253x^4 - 0.2194x^3 + 0.6666x^2 - 0.3481x + 1.0626$
10	$6E-05x^4 + 0.001x^3 - 0.0172x^2 + 0.0711x + 0.8899$	$0.0073x^4 - 0.0513x^3 + 0.1272x^2 + 0.5536x + 1.014$
12	$-0.0013x^4 + 0.0121x^3 - 0.0468x^2 + 0.101x + 0.8813$	$-0.0246x^4 + 0.1386x^3 - 0.119x^2 + 0.5883x + 1.2049$

Данные математические модели возможно использовать при оценке эффективности производства на влияние одного изменяемого входного параметра при прочих неизменных. Не во всех случаях возможно использовать подобные модели.

Дальнейшее развитие, это конечно комплексная оценка влияния нескольких изменяемых входных параметров на эффективность производства. Для этого были получены математические модели, представленные в виде полинома второй степени.

Так, например, для системы со вторым уровнем автоматизации при кодированных значениях рассматриваемых параметров, изменяемых на двух уров-

нях, укрупнённая математическая модель имеет следующий вид:

$$K_{\text{пс}} = 0,8175 + 0,118516 \cdot x_1 + 0,125547 \cdot x_2 - 0,03852 \cdot x_3 + 0,012813 \cdot x_4 + 0,007891 \cdot x_5 - 0,02328 \cdot x_6 - 0,09437 \cdot x_7 - 0,00375 \cdot x_8 - 0,10406 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,005156 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,004453 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,00313 \cdot x_1 \cdot x_5 + 0,007578 \cdot x_1 \cdot x_6 + 0,067578 \cdot x_1 \cdot x_7 - 0,00023 \cdot x_1 \cdot x_8 + 0,012188 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,011484 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,003906 \cdot x_2 \cdot x_5 + 0,015391 \cdot x_2 \cdot x_6 + 0,060547 \cdot x_2 \cdot x_7 - 0,00727 \cdot x_2 \cdot x_8 + 0,014297 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0,000781 \cdot x_3 \cdot x_5 + 0,009297 \cdot x_3 \cdot x_6 - 0,02758 \cdot x_3 \cdot x_7 - 0,00461 \cdot x_3 \cdot x_8 + 0,001641 \cdot x_4 \cdot x_5 - 0,00828 \cdot x_4 \cdot x_6 + 0,004687 \cdot x_4 \cdot x_7 - 0,00125 \cdot x_4 \cdot x_8 + 0,004766 \cdot x_5 \cdot x_6 + 0,012891 \cdot x_5 \cdot x_7 + 0,002578 \cdot x_5 \cdot x_8 + 0,009687 \cdot x_6 \cdot x_7 - 0,00578 \cdot x_6 \cdot x_8 - 0,00844 \cdot x_7 \cdot x_8$$

где x_i - кодированное значение i – го входного параметра.

Полученные математические модели позволили разработать подсистему АСТПП [15], реализованную в виде комплекса программных средств, дающую возможность руководителю предприятия по заданным показателям эффективности функционирования производственных систем оперативно оценить возможность производства нового вида изделий.

Схема компонентов подсистемы АСТПП представлена на рисунке 4. Модуль «Анализ заявок» взаимодействует с модулем «Поиск модели», если данное изделие не выпускалось, затем производится применение найденных моделей для расчета показателей эффективности и поиска оптимального варианта. Если данное изделие выпускалось, то осуществляется обращение к модулю «Поиск оптимального варианта». В процессе функционирования всех указанных модулей требуется работа с базой данных.

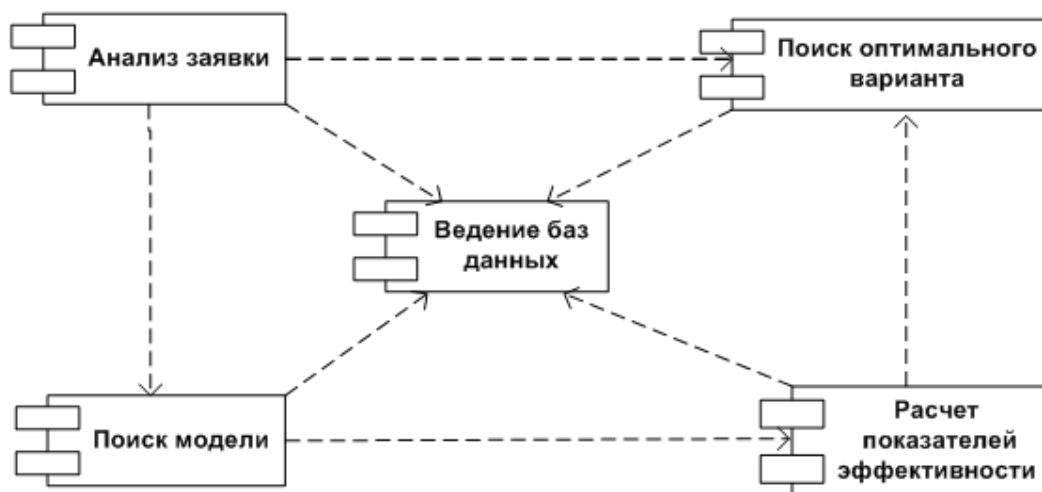


Рисунок 4 – Диаграмма компонентов подсистемы АСТПП

Разработанная подсистема АСТПП, позволяет руководителям предприятия оперативно оценивать эффективность производства до его начала. При этом основой данной системы является не что иное, как математические модели, универсальное средство, позволяющее решить большинство задач.

Список литературы

- 1 Баховский, Л.Ф. Сокращение срока окупаемости затрат на ГПС [Текст] / Л.Ф. Баховский, А.И. Сердюк // АСТ. – 1998. - №7. – С. 29 – 32.
- 2 Корнипаев, М.А. Совершенствование оперативного планирования в АСУП на основе ситуационного управления технологическими режимами [Текст] : дис. ... канд. техн. наук. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. – 195 с.
- 3 Галина, Л.В. Повышение эффективности автоматизированных производств на основе экспресс-оценки номенклатуры изделий : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.06. - Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург, 2011. - 215 с.
- 4 Советов, Б.Я. Моделирование систем. Практикум: учеб. пособие для ВУЗов [Текст] /Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2003. – 295 с.
- 5 Павловский, Ю.Н. Имитационное моделирование : учеб. пособие для вузов [Текст] / Ю.Н. Павловский, Н.В. Белотелов, Ю.И. Бродский. - М. : Академия, 2008. – 236 с.
- 6 Сердюк, А.И. Компьютерная система «Каскад» как инструмент проектировщика, технолога и диспетчера ГПС: сб. трудов XXV Российской школы по проблемам науки и технологий [Текст] / А.И. Сердюк, А.И. Сергеев. – М. : РАН, 2005. – С. 383 – 390.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТКОЙ ОТРА- БОТАННОГО МАСЛА В МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЕ ДВИГАТЕЛЯ Д100

**Горбачева О. М., Боровский А.С., д-р.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Одним из основных сквозных цифровых платформ и технологий, входящих в Программу Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы, утвержденной Указом Президента РФ от 09 мая 2017 года № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» является применение методов искусственного интеллекта является внедрение методов и средств интеллектуального управления в автоматизированные системы управления процессами и технологическими операциями [1]. Таким образом, проблема разработки оптимальной автоматизированной системы управления процессом очистки отработанного масла с использованием интеллектуальных методов управления является актуальной.

Масляная система двигателя Д100 в тепловозах 2ТЭ10М и 3ТЭ10М является многоступенчатой. Вначале отработанное масло поступает вначале на фильтр грубой очистки, а затем в центрифуге. После чего масло поступает в масляную ванну.

Фильтр грубой очистки представляет собой пластинчато-щелевой фильтр и включает в себя 10 секций. Секции соединены между собой и в каждую секцию входят стальные пластины, толщина которых 0,15 - 0,3 мм. Количество пластин может достигать несколько сотен. Частицы загрязнителя отработанного масла, имеющие размер больше, чем расстояние, между щелями, задерживаются на их поверхности в процессе пропускания масла.

Центробежный очиститель представляет собой центрифугу, в которой масло проходит через вращающийся с очень большой частотой ротор. В результате взвешенные в масле частицы под действием поля центробежных сил, в тысячи раз превышающих их силы тяжести, выделяются в виде плотного слоя на внутренней поверхности ротора.

Металлические частицы, которые образуются при износе подшипников, имеют размеры меньше 1-2 мкм. Для очистки масла от таких частиц эффективным является очистка с использованием силы тяжести, так как металлическая частица вытесняет объем масла в 10 раз меньше, чем ее собственный вес. Очистка отработанного масла с помощью отстаивания неэффективна, (масло имеет высокие показатели вязкости), так как отстаивание протекает долго. Также отстаивание невозможно во время движения очищаемого масла. В связи с этим, высокая эффективность очистки достигается при использовании центробежных сил.

Таблица 1 – Основные технологические параметры процесса очистки отработанного масла в масляной системе двигателя тепловоза Д100

№ п/п	Наименование параметра	Значение на входе	Значение на выходе
1.	Вязкость кинематическая	17 и выше	15
2.	Плотность масла, кг/м ³	1120	910
3.	Плотность загрязняющих частиц, кг/м ³	1550	
4.	Содержание механических примесей, %	0,1	0,01
5.	Давление масла, мПа	0,8-1,0	0,5
6.	Температура, °С	85	65
Основные параметры центрифуги			
1.	Число оборотов, об/мин	6000	
2.	Пропускная способность, м ³ /час	5	
3.	Диаметр ротора, мм	300	
4.	Диаметр входного отверстия, мм	20	
5.	Диаметр выходного отверстия, мм	20	

В результате частицы металла в очищаемом масле под действием центробежных сил оседают на внутренней поверхности ротора. Очищенное масло стекает из корпуса центрифуги в масляную ванну.

Существующую систему управления процессом очистки отработанного масла в масляной системе двигателя Д100 можно представить следующим образом:

- дизельный двигатель;
- фильтр грубой очистки;
- центрифугу;
- датчик температуры;
- датчик давления;
- устройство сравнения;
- регулятор [2].

В настоящее время можно выделить следующие недостатки в существующей масляной системе двигателя Д100. Во-первых, все процессы в системе контролирует оператор, в случае отклонения параметров процесса от установленных значений, отсутствует автоматическое регулирование параметров в системе. Так при увеличении температуры (информация поступает с датчика температуры к оператору) масло отправляется повторно в охлаждающий контур. Во-вторых, в случае повышения давления сигнальное реле давления отключает функционирование всей системы. Регулятор в системе приводит в движение оператор вручную.

Для того чтобы система очистки отработанного масла масляной системы двигателя Д100 функционировала постоянно, не зависимо от величины давления в системе, необходимо дополнить имеющуюся систему управления рядом

модулей, преобразовав ее тем самым в автоматическую систему управления очисткой отработанного масла в масляной системе двигателя Д100.

Автоматическая система управления очисткой отработанного масла в масляной системе двигателя Д100 включает в себя, помимо уже определенных модулей, дополнительно ПИД-регулятор, а также исполнительный механизм с серводвигателем.

Предполагаемая система заставляет управляемую величину на центрифуге быть пропорциональной задающей (контролируемой) величине.

Влияние исполнительного механизма на изменение свободного сечения канала подачи отработанного масла в центрифугу выполняется за счет движения поршня.

Существует нелинейная зависимость между перепадом давления на входе в центрифугу и расходом, это приводит к тому, что при изменении расхода степень устойчивости системы регулирования изменяется.

В центрифугу поступают многочисленные возмущения в виде изменения вязкости масла, количества содержащихся в нем твердых загрязняющих частиц, его начальной концентрации.

Наиболее сильным возмущающим воздействием является изменение подачи очищаемого масла в центрифугу. При увеличении расхода масла наблюдается вымывание части осадка из центрифуги и повышение его влажности, а уменьшение расхода нарушает равномерность слоя осадка и приводит к сильной вибрации ротора. В случае возникновения вибрации барабана, вследствие неравномерного распределения осадка, производится отключение центрифуги [3].

Для сравнительного анализа и оценки эффективности функционирования существующей системы управления процессом очистки отработанного масла в масляной системе и предлагаемой автоматической системы управления очисткой отработанного масла в масляной системе двигателя Д100 необходимо провести расчет следующих показателей САУ: динамическая ошибка ($\Delta_{\text{дин}}$), величина перерегулирования (σ), степень затухания (Ψ), степень колебательности системы (m).

Таблица 2 – Сравнительный анализ расчетных показателей качества САУ

№ п/п	Наименование показателя	Существующая система очистки отработанного масла в масляной системе двигателя Д100	Автоматическая система управления процессом очистки отработанного масла в масляной системе двигателя Д100
1	Динамическая ошибка, $\Delta_{\text{дин}}$	0.7	0.43
2	Перерегулирование, σ	70	40
3	Степень затухания, Ψ	31	53
4	Степень колебательности, m	0.06	0.1
5	Время регулирования, t	83	52

Основные показатели функционирования системы, приведенные в Таблице 2 являются показателями качества системы (основными показателями качества переходного процесса САУ). Таким образом, чем ниже значение показателей σ и t , тем выше качество исследуемой системы. В нашем случае, в автоматической системе управления процессом очистки отработанного масла, данные показатели ниже (40 % и 52 с.). Показатель степени затухания отображает качество, характеризующее, насколько снижается амплитуда колебаний выходного сигнала системы за один период колебаний. Существующая система является менее эффективной по данному показателю (31%) относительно автоматической системы управления (53%).

Сравнительный анализ полученных показателей качества систем управления показывает, что наиболее эффективной является автоматическая система управления процессом очистки отработанного масла в масляной системе двигателя Д100.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 09 мая 2017 года № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы»
2. Горбачева О.М., Боровский А.С. Анализ математической модели процесса очистки отработанного масла в двигателе тепловоза // Автоматизация процессов управления. № 3 (61). 2020. С.108 – 113.
3. Горбачева О.М., Боровский А.С. Исследование свойств системы автоматического управления процессом очистки отработанного масла на двигателе тепловоза // Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 6. С. 43 – 47.

ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА ОГНЕЙ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АЭРОПОРТА НА ТОЧНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОСАДОК ПИЛОТАМИ

Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент, Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент, Псянчина Р.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Проведение в исследовательском центре ГосНИИ ГА исследования имели целью выявить значение цветосодержания картины, видимой пилотом во время захода на посадку в ночных условиях, для точности выполнения посадок пилотами. Работу проводили для сборки информации, необходимой для проектирования светотехнических системы аэропортов и определения целесообразности использования не черно-белых, а цветных систем визуализации в авиационных тренажерах и научно-исследовательских моделирующих комплексах (пилотажных стендах). При постановке задачи на исследование учитывали, что знание закономерностей влияния цвета на восприятие пилотом визуальной информации необходимо и для разработки авиационных приборов и систем отображения информации в кабине, в том числе индикаторов на лобовом стекле летательного аппарата (ЛА) (систем HUD – Head-Up Display) [3, 4].

В ранее проведенных экспериментах было установлено, что человек по-разному оценивает пространственное положение световых ориентиров разного цвета. Это явление получило название «цветовой стереоскопии» (color stereoscopy). Предполагается, что оно может влиять на восприятие пилотами пространственных соотношений между огнями светотехнической системы аэропорта. Имеется разница и во времени запаздывания зрительного восприятия световых сигналов разного цвета: при поле зрения 30° время реакции на синий цвет составляет 280 мс, а на красный цвет 330 мс. Разница времени реакции также может влиять на точность пилотирования ЛА визуально с использованием световых ориентиров различного цвета. Именно эти условия намечено было исследовать.

Эксперимент проводили на тренажере, моделирующем кабину и характеристики устойчивости реактивного транспортного самолета типа DC-8. Пилот-участник эксперимента имел возможность пилотировать самолет, отчетливо ощущая особенности реакции на действия с органами управления самолетом и его силовой установкой. В продольном движении имитировались короткопериодические и фугоидные колебания самолета, в боковом движении воспроизводились особенности спиральной устойчивости, затягивание в крен и колебания типа «голландского шага» (Ditch Roll). Для управления по крену и тангажу использовалась рукоятка, установленная на подлокотнике кресла пилота; рулем направления пилот управлял при помощи обычных педалей. И педали, и рукоятка управления на подлокотнике имели органы искусственной загрузки, обес-

печивающие соответствие усилий при отклонениях органов управления самолетом [1, 2, 5, 6].

Внекабинная визуальная обстановка имитировалась цветной синтетической системой визуализации (СВ) типа Computer-Generated, Calligraphic, Full Spectrum Color System. По условиям эксперимента необходимо было иметь СВ, которая позволяла бы гибко программировать пробы при различных цветах огней, входящих в светотехническую систему аэропорта. В систематической СВ изменить цвет и яркость имитируемых огней можно простой корректировкой программы ЭЦВМ.

ЭЦВМ совместно с графопостроителем решали систему уравнений, описывающих динамику полета самолета; выбирали из памяти введенные туда сведения об элементах картины, которая должна быть видна пилоту в текущий момент, производили все необходимые преобразования координат для отображения поступательных перемещений и поворотов самолета. Они же осуществляли все остальные операции синтеза управляющих сигналов для проектора, воспроизводящего картину «каллиграфическим» методом. Сигналы синхронизации и импульсы смены цветовых полей подавались в графопостроитель LDS-2 от аппаратуры проектора. Проектор был установлен перед лобовым стеклом неподвижной кабины тренажера и благодаря наличию в нем оптических устройств коллиматора создавал в поле зрения пилота виртуальное изображение экрана ЭЛТ. Расстояние от глаз пилота до виртуального изображения составляло 3048 мм, ширина поля зрения была равна 40° по вертикали и горизонтали, коэффициент увеличения предметов был установлен на уровне 1. Поскольку виртуальное изображение находилось не в бесконечности, а на определенном расстоянии от глаз пилота, практически в проекторе обеспечивалась не полная коллимация, а квазиколлимация изображения.

Измеренные показатели разрешающей способности для разного цвета примерно совпали с данными расчетов, в которых определяли диаметр круга рассеяния точечного изображения на сетчатке человеческого глаза. Расчетom установлено, что круг рассеяния для красной точки в 1,55 раза больше круга рассеяния синей точки на сетчатке глаза. Таково же и соотношение разрешающей способности изображения, создававшегося проектором СВ ($1200/800 = 1,5$). Частота обновления полей изображения в СВ была равна 30 Гц, что выше частоты, при которой человеческий глаз замечает мелькание кадров изображения.

Участниками эксперимента были шесть пилотов одной из авиакомпаний, регулярно совершающих полеты и по состоянию здоровья соответствующих установленным требованиям. Два из них имели должность командира корабля, остальные четыре – должность второго (правого) пилота. В начале каждый пилот выполнял по 15 тренировочных заходов на посадку с красными и синими огнями подхода. В этих упражнениях по желанию пилота могли показываться в верхней части экрана числовые значения скорости и высоты полета в данный момент, предоставлялась полная свобода действий с рычагами управления

авиадвигателями так, чтобы обеспечивалось гашение скорости полета до необходимого уровня к моменту выхода на обрез ВПП.

В последующих экспериментах текущие значения скорости и высоты полета не показывались, пилоты освобождались от управления силовой установкой самолета. В среднем время пробы «заход на посадку» составляло около 80 с. В качестве объективных данных о точности выполнения пробы регистрировались основные параметры – расстояние точки приземления от начала ВПП и вертикальная скорость самолета в момент приземления. Кроме того, регистрировались дополнительные параметры:

- величина погрешности по высоте, т.е. отклонение от глиссады;
- время, в течение которого погрешность по высоте превышала установленные допуски;
- отношение параметра мощности выходных сигналов пилота к параметру мощности возмущающего воздействия;
- критическая частота для разомкнутой цепи управления самолетов.

Кроме объективной информации, в экспериментах собирали и информацию субъективного характера – регистрировали оценки и замечания пилотов в каждой пробе. Эти сведения использовали для коррелирования показателей точности пилотирования с особенностями режима работы СВ, а также для планирования следующих экспериментов.

Метод оценки точности пилотирования по коэффициентам описывающей функции (describing function) пилота был принят за основу в данном эксперименте, поскольку он стал общепринятым в современных программах исследования систем человек-машина, особенно в программах оценки характеристик управляемости ЛА. При выборе метода учитывали, что пока еще очень мало сведений собрано о том, как динамические характеристики зрительного анализатора влияют на динамические характеристики пилота как звена в системе управления ЛА, а также о том, как могут изменяться характеристики зрительного анализатора при изменениях характеристик ЛА. В рассмотренном эксперименте вычисление коэффициентов описывающей функции пилота производили в ходе проб методом «быстрого преобразования Фурье» (Fast Fourier Transform Analysis). Пробы проводили с имитацией сравнительно небольшой турбулентности атмосферы, уровень которой был подобран для минимизации влияния случайных шумов и ремнакты. При таком уровне турбулентности пилотировать самолет было нетрудно, особенно при пользовании рукояткой на подлокотнике кресла, имеющей малые инерционность, гистерезис и усилие страгивания. На время пробы, необходимое для формулирования описывающей функции пилота, имитировалось включение автопилота для стабилизации бокового движения самолета. Перед каждой такой пробой пилоту давалась возможность поработать в пилотировании самолетом в течение 20 с.

Результаты эксперимента. Анализ субъективных оценок, которые давались пилотами при различных по цветосодержанию изображениях СВ, показал, что в зависимости от цветосодержания картины могут быть приятными или неприятными для пилота. Наиболее приятными и неустойчивыми для глаз

пилотов являются картины с преобладанием синего цвета. Огни синего цвета, несмотря на то, что они имели меньшую яркость, чем огни красного цвета, казались пилотам более информативными, лучше помогающими пилоту определить пространственное положение самолета относительно плоскости ВПП. Красные огни можно было увидеть на большей дальности, чем синие огни. Однако по мере приближения к ВПП точность определения места самолета относительно ВПП по картине красных огней оказалась меньшей, чем при синих огнях подходе и приближения. При выдерживании режима полета по перспективной картине, состоящей из рядов огней, пилоты высказывали наиболее полное удовлетворение, если огни имели синий цвет или же если воспроизводилась комбинация синих и красных огней. Наиболее существенной жалобой всех шести пилотов, участвовавших в эксперименте, была жалоба на явно гипнотическое воздействие сцен картин, содержащих только красные огни. Это явление не отмечалось при слежении за синими огнями и комбинациями красных и синих огней.

Пилоты сообщали, что, по их мнению, при работе с картинами красных огней чаще допускаются ошибочные (противоположные по направлению) отклонения рулей. Наиболее полным пилоты считали реализм работы СВ, когда имитировалась перспективная картина огней полной светотехнической системы аэропорта. Лучше всего пилоты определяли пространственные соотношения между элементами видимой картины, когда перспектива создавалась рядами красных и синих огней [5, 6].

Проведенный статистическими методами анализ дополнительных параметров, имеющих отношение к точности пилотирования при заходе на посадку, показал, что в динамическом режиме, т.е. при нормально изменяющейся дальности до ВПП, точность пилотирования мало зависела от цвета огней. Это объясняется сравнительно большими расстояниями до видимых огней. Более, значительно проявлялись особенности восприятия красных и синих огней при фиксированной дальности и в характеристиках описывающей функции пилота.

Список литературы

- 1 ГОСТ 23000-78. Система «Человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования.
- 2 Желонкин, В.И. Система поддержки исследований по выбору и оптимизации видов электронной индикации / В.И. Желонкин. - «Вестник» Международной академии проблем Человека в авиации и космонавтике, № 3 (26), 2007. – С. 33-40.
- 3 Козлов, В.И. Эргономика боевых самолетов и вертолетов: прошлое свидетельствует / В.И. Козлов. – Международный Авиационно-Космический журнал «Авиапанорама», № 3 (129), 2018. – С. 26-29.
- 4 Производственная эргономика / под. ред. С.И. Горшкова. – М.: Машиностроение. 1979. – 520 с.

5 Рыбалкина, А.Л. Кабина экипажа как источник ошибок пилотирования / А.Л. Рыбалкина // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. - 2015. - № 218. - С. 126-131.

6 Doc 9683, AN950 Руководство по обучению в области человеческого фактора. Монреаль: ИКАО, 1998.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

**Домовещких Д.В., Шепель В.Н., д-р экон. наук, канд. техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Любые системы, в которых присутствует большое число составляющих элементов или подсистем, становится сложной. Моделирование сложных систем с большим числом переменных при помощи классического математического аппарата становится чрезмерно громоздким, либо невозможным [1].

Из практики управления сложными технологическими процессами на предприятиях, в экономике, транспортной логистике известно, что опытные управленцы принимают оптимальные решения, основываясь на собственном опыте и представлениях. В конечном итоге такая стратегия управления, как правило, является наиболее адекватной в данных условиях. При этом систему выработки управляющих воздействий специалисты-эксперты формулируют в виде набора лингвистических описаний, зачастую разнящихся для разных экспертов в одной и той же области [2].

Использование описаний на человеческом языке для управления дискретными устройствами (контроллерами) с помощью перехода к функции принадлежности называется нечетким управлением.

Наиболее важное применение нечеткий аппарат нашел в системах управления, данные для которых готовит специалист – эксперт. Это человеко-машинные системы управления, построенные с использованием понятий и категорий человеческого языка.

Технически переход к нечетким переменным представляет собой замену характеристических уравнений на функцию принадлежности, которая может принять значение в промежутке от нуля (полностью нет) до единицы (полностью да) [3]. В промежутке существует любое (на практике ограниченное тремя-пятью, реже до девяти) количество термов, которое разбивает этот интервал на элементы. Элемент может принадлежать нечеткому множеству в большей или меньшей степени, характеризуясь числом, близким к нулю при отсутствии принадлежности множеству (у множества «далеко» для расстояния 5 мм можно принять равным нулю); и ближе к единице при достаточно большой степени принадлежности к этому множеству (расстояние 5 км будет в большей степени соответствовать множеству «далеко»). Нечеткое множество здесь – это множество значений элементов, на котором определена функция принадлежности.

Значения элементов из интервала носят субъективный, экспертный характер. В этой связи играет роль экспертная оценка, или шкала значений, особенно тех свойств, которые являются не количественными, а качественными. Качественные свойства невозможно измерить непосредственно, инструментальны-

ми средствами, и определяются только методом сравнения объектов, обладающих данным свойством [4].

Далее, после определения всех термов входных переменных и назначения степени принадлежности по каждой из них можно привести в соответствие им выходную переменную – управляющее воздействие, и задать правила.

Для управления транспортным средством человек опирается на моторные навыки, опыт вождения и способность предсказывать дорожную обстановку, «чувствовать» ее. При этом водитель полностью руководствуется своим собственным восприятием – зрением, слухом, даже чувством ускорения и нагрузки на руль. Траектория движения автомобиля определяется изгибом дороги и направлением разметки. Упростив задачу и уменьшив число переменных, можно сказать, что в управлении нужно решать две задачи: управление курсом и боковым смещением.

При отклонении от оптимальной траектории движения, будет использована коррекция в противоположном направлении. Величина управляющего воздействия зависит от величины отклонения и скорости ее изменения. Выбрано девять термов с треугольной функцией распределения: отрицательный (О), большой отрицательный (ОБ), средний отрицательный (ОС), малый отрицательный (ОМ), нулевой (Н), малый положительный (ПМ), средний положительный (ПС), большой положительный (ПБ), положительный (П). Входные переменные для системы управления курсом и боковым смещением: ошибка курса и смещения, скорость и ускорение изменения ошибки.

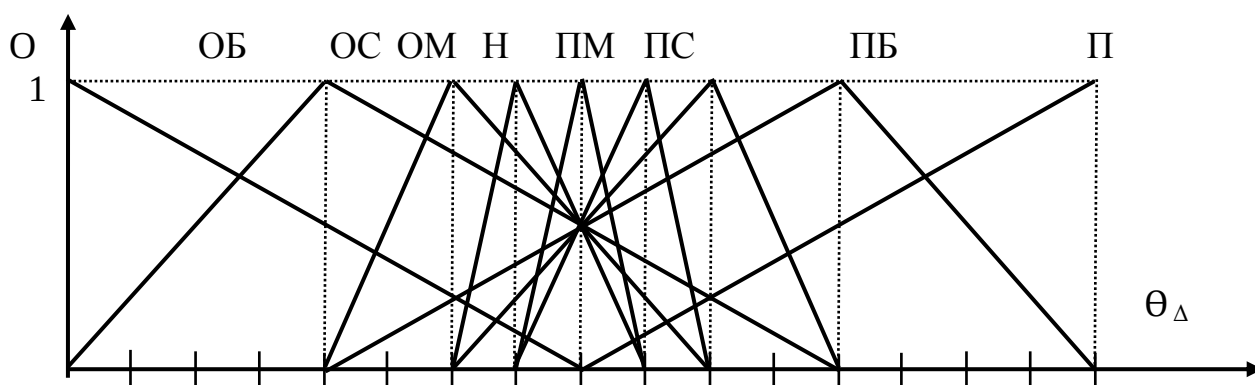


Рисунок 1 – Термы входных переменных контроллера курса и бокового смещения

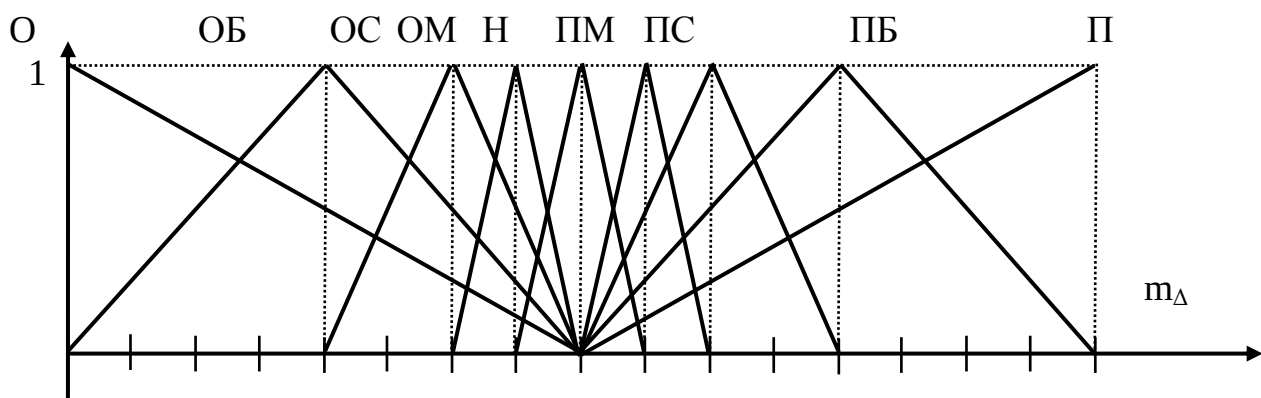


Рисунок 2 – Термы выходных переменных контроллера курса и бокового смещения

Также девять термов соответствуют выходной переменной. Для создания базы правил используется логика управления: большей ошибке должно соответствовать большее корректирующее воздействие. Так, при большой положительной ошибке и скорости ее нарастания необходимо отклонять колеса в отрицательном направлении с большой скоростью, при нулевой ошибке – не выдавать воздействия, при малой отрицательной ошибке – отклонять колеса с малой скоростью в положительном направлении.

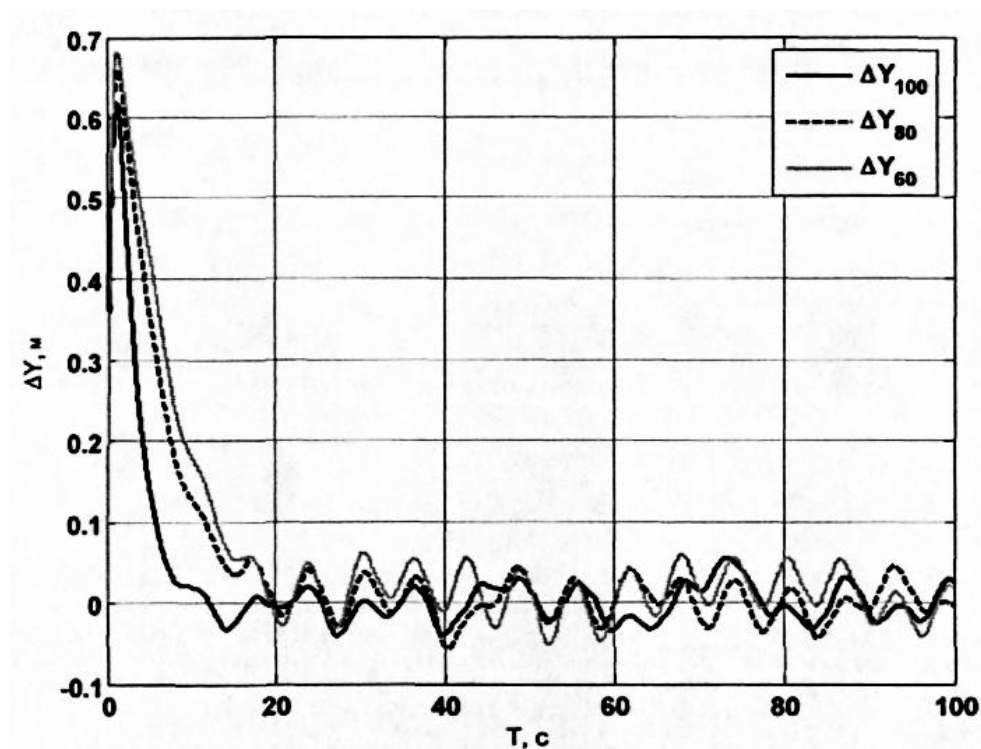


Рисунок 3 – Изменение ошибки положения автомобиля при испытаниях нечеткой системы управления на скоростях 60 км/ч, 80 км/ч и 100 км/ч.

При моделировании задавалось отклонение от траектории для трех скоростей движения. На графике построены кривые ошибки по положению при трех прогонах для движения на скорости 60, 80 и 100 км/ч. После снятия управляющего воздействия автомобиль двигался прямолинейно с минимальным отклонением.

Вывод: установившаяся ошибка практически не изменяется при увеличении скорости движения (чуть меньшая установившаяся ошибка и время управления без подстройки контроллера под каждое значение скорости наблюдается на скоростях 80 и 60 км/ч), оставаясь на всем диапазоне скоростей менее 10 см.

Список литературы

1. Шепель, В. Н. Системы управления на основе искусственного интеллекта [Электронный ресурс] : электронный курс в системе Moodle / В. Н. Шепель, В. Б. Дудоров; М-во науки и высш. образования РФ, гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2019. - 8 с.
2. Чернов, В.Г. Нечеткие контроллеры. Основы теории и построения: Учеб. пособие по курсу «Интеллектуальные системы управления» / Владим. гос. ун-т. Владимир, 2003. 148 с. ISBN 5-89368-384-6
3. Перепелица, В. А. Дискретная оптимизация и моделирование в условиях неопределенности данных / Перепелица В. А., Тебуева Ф. Б. – М.: Академия Естествознания, 2007. – 152 с. ISBN: 978-5-91327-013-9
4. Пospelов, Д. А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Пospelова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.
5. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СЕЛЕКЦИЯ НА ОСНОВЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОСИГНАЛОВ

Дудоров В.Б., доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Полное описание сигналов и помех требует знания их временных и пространственных характеристик, которые позволяют рассматривать смесь сигнала и помехи как пространственно-временной сигнал.

Задача пространственно-временной обработки сигналов возникает при обнаружении, оценке параметров, фильтрации и разрешении сигналов. Пространственно-временная избирательность является одной из важнейших характеристик радиолокационной станции (РЛС). Она определяет способность РЛС селектировать принимаемые сигналы по пространственным и временным параметрам.

Пространственно-временная избирательность зависит от характеристик антенного устройства, параметров принимаемых сигналов и помех, способа их обработки в приемном устройстве [1,2].

В традиционных РЛС информация о начальной фазе полезного сигнала либо не используется, либо используется частично лишь для получения в приемном устройстве максимального отношения сигнал/шум (например, в оптимальных приемниках при временной обработке сигналов с известной начальной фазой). Как правило, при обработке сигналов регистрируется только амплитудное распределение, фазовая же информация безвозвратно теряется, чем ослабляются потенциальные возможности систем по борьбе с помехами.

Изобретение и развитие голографии позволило реализовать идеи оптимальной пространственно-временной обработки сигналов. Исследования голографических систем показали на ряд их преимуществ в отношении реализации новых эффективных способов борьбы с помехами, основанных на более полном использовании фазовой информации, заключенной в принимаемом полезном радиосигнале [2].

В голографических устройствах использование всей информации, содержащейся в сигнале, который поступает на раскрыв антенны, позволяет оптимизировать обработку сигнала не только во времени, но и в пространстве по раскрыву антенны.

По существу, дело сводится к тому, что голографическая обработка делает «видимым» волновой фронт, т.е. амплитудное и фазовое распределения на апертуре антенны. Для этого, очевидно, необходимо и достаточно тем или иным способом трансформировать волновой фронт из радиодиапазона в диапазон видимого света. Восстановление волнового фронта возможно только в

случае, если РЛС является многоканальной и когерентной. При этом будем считать, что стабильность частоты сигнала такова, что за время фиксации голограммы разность фаз, суммируемых отраженной и опорной волн меняется незначительно, т.е. имеет место стационарная голограмма.

Полезная информация содержится в амплитудном и фазовом распределениях электромагнитного поля, создаваемого излучающим предметом.

В общем виде комплексное распределение поля записывается как

$$\dot{e}(x,y,t)=E(x,y,t)Ce^{j\varphi(x,y,t)}, \quad (1)$$

где $E(x,y,t)$ – распределение амплитуд поля в плоскости изображения xOy ;

$\varphi(x,y,t)$ – распределение фаз.

В случае стационарной голограммы имеется возможность не учитывать время.

Процесс образования изображения в голографии проводится в две ступени. Вначале производится запись голограммы, а затем осуществляется реконструкция волнового фронта (изображения). Задачей голографической установки является получение образа путем запоминания рассеянного поля и последующего его воспроизведения.

Для получения голограммы необходим источник когерентных волн, в качестве которого используется лазер. Голограмма получается при взаимодействии (интерференции) двух волн: волны, рассеянной, и опорной волны, получаемой от источника когерентного излучения.

На регистрирующем устройстве (устройстве запоминания сигналов), например, фотопластинке, записывается картина, возникающая в результате интерференции опорной и рассеянной волн. Чтобы интерференция имела место, предмет (цель) облучается опорной волной, которая целью рассеивается. Часть рассеянной волны попадает на регистратор (фотопластинку), где взаимодействует с опорной волной.

Пусть опорная волна плоская и падает на фотопластинку под углом θ . Вдоль оси x линейной голограммы фаза меняется линейно

$$e_{оп}=E_0Ce^{j\omega_x x}, \quad \text{где} \quad \omega_x=\frac{2\pi}{\lambda}C\sin\theta - \text{пространственная частота.}$$

В результате суммирования в пространстве рассеянной волны и волны опорного сигнала в плоскости регистратора будет иметь место интерференционная картина вида [3]

$$I(x,y)=E_0^2+E^2(x,y)+E_0E(x,y)\cdot e^{j[\omega_x x+\varphi(x,y)]}+E_0E(x,y)\cdot e^{-j[\omega_x x+\varphi(x,y)]}. \quad (2)$$

Осюда следует, что третий и четвертый члены суммы несут полную информацию об амплитудном и фазовом распределениях отраженной волны. При этом фазовая информация закодирована в форме фазовой модуляции «пространственного» сигнала:

$$E_0E(x,y)C\cos[\omega_x x+\varphi(x,y)]. \quad (3)$$

Задача восстановления волнового фронта состоит в фазовой демодуляции (2) и устранении помехи, в качестве которой выступает $E_0^2 + E^2(x,y)$.

Для фазового детектирования необходимо и достаточно перемножить (2) на сигнал вида

$$e_{оп} = E_0 \chi e^{j\omega_x x}. \quad (3)$$

Восстановление же амплитудного распределения возможно, если пропускание $T(x,y)$ обработанной пластины будет пропорционально ее облученности, так что

$$T(x,y) = k_0 I(x,y), \quad (5)$$

где k_0 – коэффициент пропорциональности.

Выражение (5) с учетом (2) называется уравнением голографии.

На втором этапе, называемом стадией восстановления предметной волны $E(x,y)$, голограмма облучается той же плоской когерентной волной.

Происходит дифракция падающей волны на интерференционной картине голограммы. За голограммой при выполнении условия (3) образуется электромагнитное поле

$$\begin{aligned} E_{ввх}(x,y) &= e_{оп}(x,y)T(x,y) = k_0 e_{оп}(x,y)I(x,y) = \\ &= k_0 \left\{ E_0^2 \left[1 + \frac{E^2(x,y)}{E_0^2} \right] e^{j\omega_x x} + E_0 E(x,y) e^{j\varphi(x,y)} + [E_0 E(x,y) e^{-j\varphi(x,y)}] e^{-j2\omega_x x} \right\}. \end{aligned} \quad (6)$$

На выходе голограммы образуются три волны, которые соответствуют трем слагаемым выражения.

Первая составляющая сохраняет направление опорной волны ($\omega_x = \frac{2\pi}{\lambda} \chi \sin \theta$) и является помехой. Ее можно сделать малой за счет выбора амплитуды E_0 . Вторая составляющая пропорциональна искомому распределению $E(x,y) e^{j\varphi(x,y)}$ и является восстановленной рассеянной волной. Эта волна распространяется перпендикулярно плоскости голограммы, так как ω_x . Третья составляющая также пропорциональна восстанавливаемому полю, однако волна, порожденная этой составляющей, распространяется под углом -2θ ($-\omega_x = \frac{4\pi}{\lambda} \sin(-\theta)$). Эта волна является комплексно-сопряженной исходной волне.

На втором этапе голографического процесса формируются два изображения:

- мнимое изображение, которое полностью соответствует истинному предмету; это изображение порождает вторая составляющая (6);
- действительное изображение, создаваемое третьей составляющей; это изображение обладает свойством псевдо-скопичности, т.е. имеет рельеф, обратный истинному (изображение впадин наблюдается как выступы и наоборот).

Оба изображения могут быть реализованы в голографии. На практике чаще используется мнимое изображение.

Имеется большое разнообразие голографических схем, которые могут быть использованы и в радиодиапазоне на различных стадиях обработки сигнала [4].

Принципиально нет никаких особенностей формирования голограммы в радиодиапазоне, так как природа электромагнитных волн не зависит от длины волны.

В радиолокации голографическая обработка сигналов также распадается на два этапа.

Сначала получают радиоголограмму, для чего передатчик формирует опорный радиосигнал, используемый для облучения цели. Радиосигнал, отраженный от цели, взаимодействует на приемной стороне с опорным сигналом и обеспечивает формирование радиоголограммы, которая преобразуется в оптическую. На втором этапе осуществляется воспроизведение изображения. Для этого производятся описанные выше операции. Следовательно, отличие радиоголографии от оптической имеет место лишь на этапе получения голограммы, что обусловлено разницей в длинах волн электромагнитных полей радио- и оптического диапазона.

Обычно в голографических РЛС (ГРЛС) используется антенная система в виде решетки. Если на антенную решетку падает опорная плоская когерентная волна и волна, рассеянная целью, то в результате их интерференции интенсивность суммарного сигнала изменяется по апертуре антенны. Образуется система интерференционных полос. Здесь следует еще раз отметить, что время фиксации радиоголограммы должно быть таким, чтобы временная и пространственная когерентности не успели разрушиться, т.е. интерференционная картина не успела сместиться по элементам решетки.

В качестве примера рассмотрим получение радиоголограммы точечной цели. Как известно [5], голограмма точечной цели представляет собой зонную решетку Френеля. Темные кольца соответствуют пучностям (максимумам) интенсивности интерференционной картины радиоволн, светлые – узлам (минимумам). Возбуждаются только те элементы решетки, которые находятся в пучностях.

Каждому i -му элементу (из общего числа $m \times n$ элементов) соответствует свой i -й приемный канал (усилитель и детектор), нагрузкой которого служит световой индикатор. Световые индикаторы монтируются в той же последовательности, что и элементы антенной решетки: из них создается матрица элементов $m \times n$, аналогичная антенной решетке.

Под действием сигналов, поступающих с приемников, начинают светиться только те индикаторы, пространственное расположение которых соответствует кольцам максимальной интенсивности радиоголограммы. На матрице оптических элементов картина изменения интенсивности повторяет интерференционную картину радиоголограммы. Так получается оптическая голограмма. Полнота информации об интерференционной картине в получен-

ной таким образом голограмме зависит от шага пространственного квантования. Предельное соответствие достигается при удовлетворении условиям теоремы Котельникова по отношению к пространственным частотам.

Изображение, возникающее на матрице световых элементов, может быть зарегистрировано на фотоматериалах и в дальнейшем восстановлено рассмотренным выше способом.

Голограмму от сложных предметов рассматривают как суперпозицию зонных решеток Френеля, образованных каждой точкой предмета. Она имеет сложную интерференционную картину, «трансформация» которой в оптическую голограмму происходит в соответствии с описанной схемой.

Одно из главных преимуществ голографических устройств состоит в возможности получения высокой разрешающей способности по угловым координатам и дальности при одновременном обзоре значительных областей пространства. Зона наблюдения голографической РЛС определяется шириной луча каждого элемента или шириной луча передающей антенны.

Голографирование сигналов позволяет хотя бы в принципе реализовать потенциальную разрешающую способность всей приемной антенной системы, состоящей из $m \times n$ элементов. Как следствие этого снижается эффективность «угловых» помех различных типов, создаваемых из точек пространства вне цели.

Голографическая обработка э радиосигналов, используя высокую разрешающую способность в сочетании со вторичной обработкой, позволяет также осуществлять эффективную фильтрацию имитирующих помех.

Список литературы

1. Вакман, Д.Е. Сложные сигналы и принцип неопределенности в радиолокации / Д.Е. Вакман. – М., : «Сов. радио», 1965, – 304 с.
2. Фалькович, С.Е. Оценка параметров сигнала / С.Е. Фалькович. – М., : «Сов. радио», 1965, – 336 с.
3. Максимов, М.В. Защита от радиопомех. / М.В. Максимов. – М., «Сов. радио», 1976, – 496 с.
4. Сафронов, Г.С. Введение в радиоголографию. / Г.С. Сафронов. – М., «Сов. радио», 1973, – 288 с.
5. Строук, Д. Введение в когерентную оптику и голографию. / Д. Строук. – М., «Мир», 1967, – 172 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН

Дудорова С.И., Дудоров В.Б., доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Наладка и эксплуатация антенн, размеры которых в десятки сотни и даже тысячи раз превосходят длину используемой волны представляют значительные трудности [1,2]. Если измерения основных параметров антенн небольших размеров сравнительно легко производятся традиционными методами, то при переходе к большим антеннам возникают затруднения принципиального характера, требующие применения новых методов для их проверки.

В диапазоне метровых, дециметровых и сантиметровых волн, для которых указанные затруднения особенно существенны, оказалось возможным применять в качестве вынесенных источников радиоволн естественные передатчики – внеземные (космические) источники радиоизлучения.

Через земную атмосферу к ее поверхности проходят волны, лежащие в пределах примерно $0,0125 \text{ м} < \lambda < 20 \text{ м}$.

Во всем указанном диапазоне спектр космического излучения непрерывный и носит характер «шума». Поэтому наличие внеземных источников радиоизлучения позволяет решить трудную задачу измерения параметров антенны и определения в пространстве положения электрической оси антенны.

Самым мощным источником космического радиоизлучения является Солнце. Что касается Галактики в целом, то из общего, почти равномерного фона, создаваемого ее радиоизлучением, выделяются отдельные дискретные источники (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Внеземные источники радиоизлучений

Источник	Координаты		Поток радиоизлучения $\times 10^{-24}$ Вт/м ² Гц в диапазоне волн, см				
	Прямое восхождение	склонение	3,2	10	20	50	100
Кассиопея	23°21′	+58°30′	5,9	15	25	40	150
Лебедь	19°57′	+40°35′	–	8	12	20	110
Телец	05°41′	+22°04′	7,3	8	10	13	18
Дева	12°28′	+12°44′	–	1,8	2,3	3	12
Центавр-А	13°22′	-42°46′	–	2,2	2,8	4,5	18

Снятие диаграммы направленности антенны (ДНА).

Методика снятия диаграммы направленности антенны с помощью внеземного источника радиоизлучений [1,2] производится в следующей последовательности:

1. Выбор и определение координат внеземного источника радиоизлучений. При этом следует учитывать, что источники со склонением $\Theta < \xi - \pi/2$ всегда находятся за горизонтом и являются для данной широты ξ невосходящими, а источники, для которых $\Theta > \pi/2 - \xi$, являются для данной широты незаходящими и могут наблюдаться в любое время суток.

2. Расчет времени кульминации дискретного источника радиоизлучения, т.е. времени прохождения источника через меридиан места наблюдения. При этом следует учитывать рефракцию в Земной атмосфере.

3. Ориентирование (установка) рабочей антенны по азимуту и углу места в соответствии с расчетными данными.

4. Подготовка и прогрев измерительной аппаратуры радиометрического приемника, самописца и т.д.

5. Запись прохождения внеземного источника через диаграмму направленности.

Если расчеты были правильными, то несколько ранее расчетного момента кульминации источник радиоизлучения начинает «входить» в диаграмму направленности, пересекает ее и «выходит» из диаграммы. Запись при этом имеет вид, приведенный на рисунке 1.

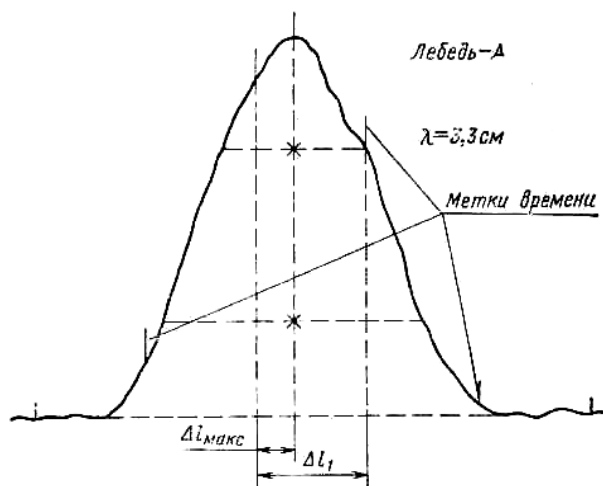


Рисунок 1 – Пример записи прохождения источника через ДНА

В том случае, когда источник радиоизлучения считается точечным, запись его прохождения через диаграмму направленности воспроизводит эту диаграмму. Прохождение источника дает сечение диаграммы направленности антенны одной из плоскостей.

Записывая прохождения источника радиоизлучения при различных углах, можно получить различные сечения диаграммы направленности антенны. Для этой цели наиболее удобным является незаходящий источник Кассиопея – А.

Записывая прохождение этого источника при различных углах, получают все сечения диаграммы направленности.

Для получения кривых, мало отличающихся от диаграммы направленности, целесообразно производить записи прохождения источников с малой постоянной времени радиометра.

Удовлетворительными являются постоянные времени, составляющие 0,1...0,2 от времени прохождения источником диаграммы направленности между точками половинной мощности.

Получаемая при прохождении источника диаграмма представляет собой некоторую среднюю диаграмму для той полосы частот, в которой производится прием.

Если считать, что спектральная плотность потока принимаемого излучения в пределах полосы постоянна, а сама полоса симметрична относительно ее середины, то получаемая диаграмма относится к средней частоте полосы пропускания высокочастотного тракта. В частности, если применяется приемник супергетеродинного типа и коэффициент передачи зеркального канала равен коэффициенту передачи основного канала, то измеряемая диаграмма относится к частоте гетеродина.

Если используются усилители высокой частоты, то диаграмма относится к средней частоте в усиливаемой полосе. Положение главного максимума диаграммы во всей полосе не меняется.

Измерение коэффициента усиления антенны.

Коэффициент усиления антенны определяется из выражения [3]

$$G = \frac{4\pi S_{\text{эф}}}{\lambda^2}. \quad (1)$$

Эффективную площадь $S_{\text{эф}}$ можно получить из соотношения, связывающего антенную температуру источника T_A с плотностью потока его радиоизлучения $S_{\text{ки}}$,

$$T_A = \frac{S_{\text{ки}} S_{\text{эф}}}{2k\psi}, \quad (2)$$

где k – постоянная Больцмана;

ψ – коэффициент, учитывающий соизмеримость угловых размеров диаграммы направленности рабочей антенны и источника, принятого за эталонный.

Отсюда следует, что измерению коэффициента усиления должно предшествовать снятие диаграммы направленности антенны.

Таким образом, задача определения $S_{\text{эф}}$ сводится к измерению антенной температуры источника T_A .

Измерение эффективной площади антенны проводится обычно в следующей последовательности.

1. Антенна направляется в упрежденную расчетную точку на небесной сфере, через которую вследствие суточного вращения должен пройти источник

внеземного радиоизлучения, используемый для измерений. Время упреждения выбирается с таким расчетом, чтобы можно было успеть выполнить калибровку по п.2. Включается протяжка самописца, регистрирующего выходное напряжение радиометра.

2. Производится запись калибровочной «ступеньки». Для этого на ленту самописца последовательно записывается выходное напряжение радиометра от его калибровочного устройства с последовательным включением «холодной» и «горячей» нагрузок.

3. Подбирается усиление радиометра и отмечается величина изменения усиления u . при переходе от записи калибровочной «ступеньки» к записи источника.

4. Записывается прохождение источника через диаграмму направленности, при этом протяженность этой записи должна быть достаточной для прохождения через диаграмму направленности источника и соседних с ним областей неба.

5. Вновь устанавливается усиление, выбранное для записи калибровочной «ступеньки», и производится повторная ее запись.

Примерный вид ленты самописца с записями, произведенными в указанной последовательности, приведен на рисунке 2.

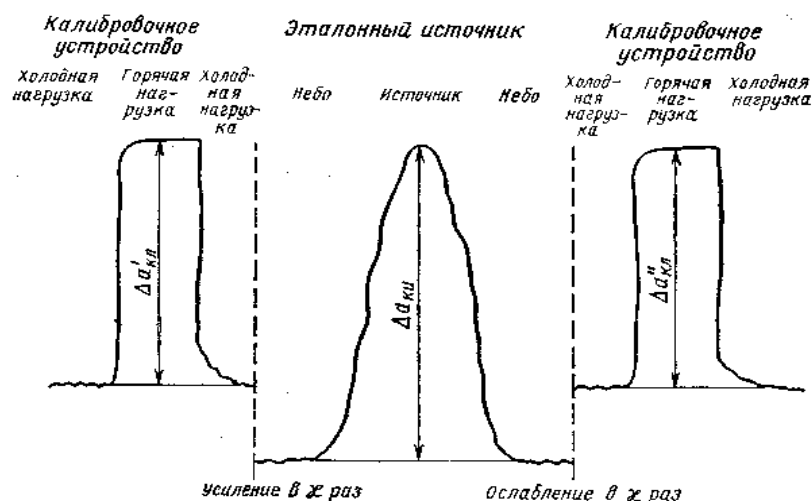


Рисунок 2 – Примерный вид ленты с записями калибровочной ступеньки и эталонного источника, произведенными для определения эффективной площади антенны

Измеренная антенная температура источника определяется из очевидного соотношения

$$T_A = \frac{\Delta T_{кл} \Delta \alpha_{ки}}{\eta \Delta \alpha_{кл}}, \quad (3)$$

где $\Delta T_{кл}$ – величина калибровочной «ступеньки» шумового генератора;

$\Delta \alpha_{ки}$ – отклонение самописца при прохождении источника;

$\Delta \alpha_{кл} = 0,5 \Delta \alpha'_{кл} + \Delta \alpha''_{кл}$ – среднее отклонение самописца при включении калибровочной «ступеньки» до и после прохождения источника.

Для уменьшения случайной ошибки обычно производится несколько подобных серий измерений и берется среднее значение измеренной антенной температуры.

Для уменьшения систематической ошибки измерения, обусловленной неточным знанием η и для упрощения процедуры измерений желательно производить калибровку и запись источника на одной шкале без переключения усиления.

Выбор источников, обеспечивающих в данных условиях необходимое превышение сигнала над дисперсией шума D_{TA} можно производить с помощью графика, приведенного на рисунке 3.

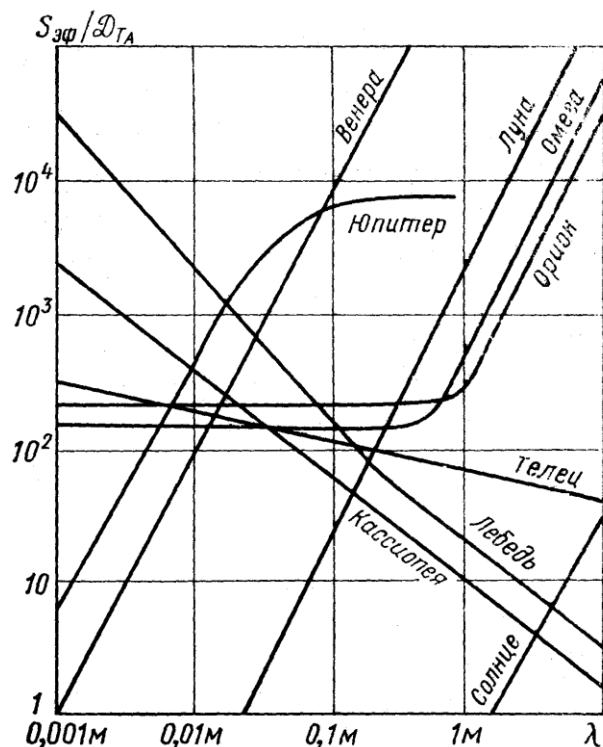


Рисунок 3 – График для выбора источников, обеспечивающих в данных условиях необходимое превышение сигнала над дисперсией шума

Для пользования этим графиком необходимо оценить ожидаемую эффективную площадь антенны $S_{эф}$ и нанести на график точку с координатами λ и $S_{эф}/D_{TA}$.

Все источники, находящиеся на этой точке, обеспечивают не меньше чем пятикратное превышение сигнала над шумовой дорожкой. Для использования же источников, находящихся выше этой точки, требуется улучшить чувствительность аппаратуры. Внеземное радиоизлучение волн миллиметрового, сантиметрового и дециметрового диапазонов ослабляется вследствие поглощения земной атмосферой и гидрометеорами.

Так как трудно учесть ослабление внеземного радиоизлучения, то измерения на волнах короче 20 см целесообразно проводить при ясной погоде или умеренной облачности, когда достаточно учесть только атмосферные поглощения.

Список литературы

1. Александров, А.И. Эксплуатация радиотехнических комплексов / А.И. Александров. – М.: «Сов. Радио», 1976. – 280 с.
2. Кузьмин, А.Д. Радиоастрономические методы измерения параметров антенн / А.Д. Кузьмин. – М.: «Сов. Радио», 1972. – 396 с.
3. Воскресенский, Д.И. Антенны и устройства СВЧ. Расчет и проектирование антенных решеток и их излучающих элементов / Д.И. Воскресенский. – М.: Изд-во «Сов. Радио», 1972. – 320 с.

НЕКОТОРЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ РИСКОВ

**Езерская Е.М., канд. пед. наук, Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,
Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Псянчина Р.Р.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет», Оренбург

Одной из значимых задач во всем мире значатся авиационные риски. Под понятием рисков можно понимать нежелательную ситуацию или обстоятельство, характеризующееся вероятностью возникновения и потенциально негативными последствиями.

В 2020 году весь мир охватила пандемия, связанная с распространением вируса COVID-19, что отразилось и на авиационной отрасли. Такой непредсказуемый и масштабный риск внес неясность во все сектора авиастроения, от производства самолетов и вертолётов до авиаперевозок.

Как известно, в первые месяцы болезни, когда был зафиксирован значительный рост больных и увеличение смертности, воздушные перевозки в мире сократились, по разным оценкам, на 80-90%, что в свою очередь, вызвало снижение спроса на авиационную технику. В результате производители авиационной техники понесли существенные потери: так, Airbus объявил о том, что по итогам первого квартала чистый убыток компании составил 481 миллион евро, а во втором квартале он увеличился до 1 миллиарда 200 миллионов евро, выручка компании сократилась на 55%. В свою очередь, Boeing сообщил о потерях в размере 1,7 миллиарда долларов от основной деятельности. Обе компании были вынуждены сокращать персонал, чтобы минимизировать последствия кризиса, справиться с уменьшением числа заказов. Airbus в конце июня заявил о намерении уволить 15000 работников по всему миру, из них 5100 в Германии, 1700 в Великобритании, 900 в Испании и 5000 во Франции. А Boeing ранее проинформировал о намерении сократить порядка 10% сотрудников, или около 16 тысяч человек, причём наибольшее сокращение планировалось в подразделении, выпускающем гражданские самолёты – порядка 15% персонала. Крупнейший отечественный производитель воздушных судов – Объединённая Авиастроительная Корпорация (ОАК), в отличие от конкурентов, продемонстрировал удовлетворительную динамику. По данным неконсолидированной отчётности по РСБУ, выручка компании в январе-марте 2020 года составила 3,049 млрд рублей, по сравнению с 3,994 млрд рублей за аналогичный период прошлого года. Но зато валовая прибыль компании увеличилась в первом квартале текущего года до 96,275 млн рублей по сравнению с 90,688 млн рублей годом ранее. Отчётность компании за первое полугодие 2020 года подтвердила положительные тенденции в развитии компании. Выручка компании за первое полугодие 2020 года составила 9,424 млрд рублей, а в первом полугодии прошлого года – 12,468 млрд рублей. Валовая прибыль ОАК в январе-июне 2020 года составила 561,452 млн рублей, годом ранее – 511,773 млн рублей.

Динамика финансовых показателей ОАК позволяет рассчитывать не только на увеличение операционных показателей и рост числа заказов, но и на увеличение капитализации. Этому есть ряд объяснений. Во-первых, компания объединяет в своём составе практически всех отечественных производителей авиационной техники, что позволяет ей консолидировать усилия по созданию новых моделей. Причём, сохранены конструкторские бюро, известные авиационные бренды, что способствует использованию их богатейшего опыта, помогает компании в создании новой техники. Во-вторых, деятельности компании, её финансовым результатам уделяется много внимания со стороны государства, ей оказывается всесторонняя помощь, что способствует успешной работе, это и различное финансирование, и регулирование отрасли, и всей сферы воздушных перевозок. Предоставление бюджетной поддержки также способствует эффективной работе компании. В-третьих, ОАК способна выпускать разные типы воздушных судов, а также обеспечению комплексного послепродажного обслуживания, обучению персонала. Такой клиентоориентированный подход повышает интерес к её продукции, способствует заключению новых контрактов. [1].

Как видно из выше приведённых данных, российское авиастроение имеет все шансы с минимальными рисками выйти из данной ситуации.

Но это только один показатель возникающих рисков в авиационной отрасли.

Другим таким показателем может служить безопасность полетов.

В исследовании Allianz Global Corporate & Specialty (AGCS) под названием «Авиационные риски 2020: безопасность и состояние отрасли» основное внимание уделяется развитию безопасности полетов в коммерческой авиации во всем мире.

В исследовании определяется ряд тенденций в области страховых требований, влияющих на отрасль, в том числе основные причины финансовых потерь, и освещается ряд тенденций и проблем, связанных с рисками, которые будут влиять на авиационный сектор и страховой ландшафт в будущем.

Результаты были получены при содействии авиационного университета Эмбри-Риддл, крупнейшего в мире полностью аккредитованного университета, специализирующегося в области авиации и аэрокосмической промышленности.

Безопасность полетов в авиационном секторе имеет решающее значение. Несмотря на рекордное количество пассажиров, статистика показывает, что полеты никогда не были безопаснее. В период с 1959 по 2017 год было зарегистрировано 29 298 случаев смерти от 500 глобальных коммерческих пассажирских реактивных самолетов. Однако в период с 2008 по 2017 год в результате 37 событий погибло 2199 человек, или менее 8% от общего числа.

В 2017 году впервые, по крайней мере за 60 лет существования авиации, на коммерческих авиалиниях не было смертельных случаев. Даже 2018 год, в котором произошло в общей сложности 15 смертельных авиакатастроф, занимает третье место по безопасности в истории, в **2019 году** по всему миру было

20 крупных крушений, а в 2020 году произошло 8 авиакатастроф, не смотря на сокращение рейсов из-за пандемии.

Вероятность того, что человек погибнет в результате несчастного случая в авиации, крайне мала по сравнению с другими видами транспорта, например, такими как автомобильная или велосипедная авария, а также с другими более неожиданными сценариями, такими как случайный выстрел из пистолета или нападение собаки, рисунок 1.

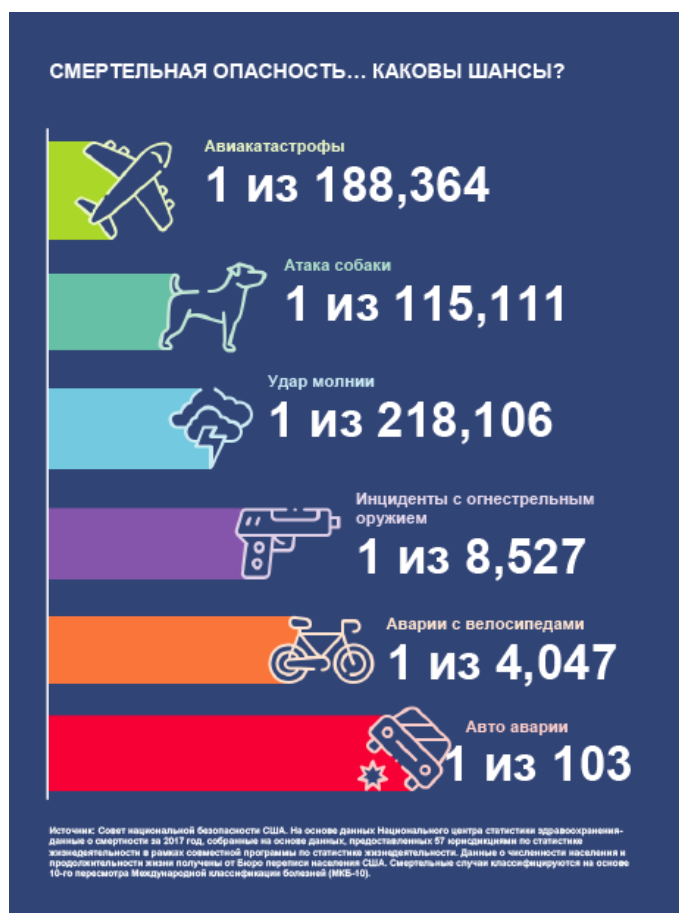


Рисунок 1 – Разновидности несчастных случаев

Непрерывное повышение уровня безопасности полетов можно объяснить рядом факторов. Самолеты стали более надежными.

Системы безопасности и протоколы значительно улучшились. Ряд конструкторских решений оказал существенное влияние на аварийность, в том числе усовершенствование аэродинамических характеристик и конструкции лайнера, критерии отказоустойчивости конструкции, усовершенствование приборов кабины пилотов и увеличение числа эксплуатируемых самолетов с автоматически управляемым полетом.

Научные достижения также позволили авиационной промышленности лучше понять, как человеческий фактор влияет на безопасность полетов. В то же время были достигнуты значительные улучшения в производственных процессах, эксплуатации воздушных судов и регулировании.

В то же время к тенденциям и проблемам возникновения рисков можно отнести, рисунок 2:

- дефицит пилотов, что вызывает проблемы и спрос на новых пилотов (нехватка пилотов может привести к таким проблемам, как пилоты, летающие с меньшим опытом, снижение прозрачности обучения для удовлетворения спроса и усталость пилотов. По-прежнему возникают вопросы о чрезмерной зависимости пилотов от систем автоматизации самолетов, которые могут представлять угрозу для жизни по мере усложнения технологий);



Рисунок 2 – Авиационные риски 2020 года

- Больше турбулентности в полете (в будущем турбулентность, как ожидается, увеличится из-за изменения климата);

- быстрый рост количества беспилотных летательных аппаратов (даже небольшой беспилотный летательный аппарат может нанести физический ущерб в размере 10 миллионов долларов, если он ударит по двигателю самолета);

- киберриски, такие как хакерские атаки, сбои в работе систем и утечка данных (полагаясь на ИТ-системы для бронирования, продажи билетов и выполнения полетов, авиационная отрасль особенно уязвима к событиям ВІ, либо от злонамеренной атаки, человеческой ошибки или технической ошибки);

- аварии на земле остаются проблемой, которая может обостриться в будущем (дело с еженедельными задержками, связанными с инфраструктурой. Наземные заторы вызывают беспокойство не только из-за задержек, но и из-за безопасности полетов. Увеличение количества самолетов на земле переполненные зоны обслуживания и перроны приводят к увеличению числа инцидентов, связанных со столкновениями) [2].

В связи с этим можно сделать вывод, чтобы минимизировать риски в авиационной промышленности необходимо и уменьшать их начиная с этапа проектирования авиационной техники, что в свою очередь ведет изначально к системе образования. На сегодняшний день потребность в профессиональных инженерных кадрах и в кадрах летного, диспетчерского состава в стране велика. Необходимо взаимодействие образовательных и профессиональных стандартов. Так как авиационное образование включает в себя специфические области подготовки такие как изучение: конструкции самолетов и вертолетов, производство сборки летательного аппарата (ЛА), конструкции узлов и агрегатов ЛА, сборочные и монтажные процессы в производстве ЛА и т.д., что в свою очередь должно быть подкреплено как теоретической, так и практической составляющей. Не маловажной частью должна стать государственная финансовая поддержка различных проектов, испытаний проводимых студенческими конструкторскими бюро, студенческими научными сообществами и т.д).

Список литературы

1 Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://www.finam.ru/analysis/marketnews/aviastroenie-postepenno-vykhodit-iz-krizisa-20200817-16150/>

2 Электронный ресурс. Режим доступа: <https://allinsurance.kz/articles/analytical/13200-aviatsionnye-riski-2020-bezopasnost-i-sostoyanie-otrasli>

3 ГОСТ Р 57235-2016 Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности. База данных. Авиационные риски, возникающие при производстве авиационной техники (Переиздание). [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200141444>

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ MATHCAD В АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Езерская Е.М., канд. пед. наук, Носков Д.А., Солдатов Д.М.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Оборонная и Аэрокосмическая промышленность являются двумя самыми приоритетными для нашей страны направлениями. Обязательства, которые возложены на предприятия, занятые в этих отраслях, очень велики, в связи с чем многие решения принимаются под контролем государства.

И каждая допущенная ошибка в управлении или непосредственно на производстве могут привести к самым негативным и непредвиденным результатам.

В связи с этим на каждом производстве, применяются и внедряются различные программные продукты, которые помогут организовать систему логистики, снизить риски и позволят контролировать качество готовых изделий на всех стадиях производства и эксплуатации выпускаемой продукции.

Для авиационно-космической промышленности разрабатывают программы для решения задач с точно заданными требованиями. Основная задача что бы частота выявления ошибок при проектировании летательного аппарата (ЛА) стремилась к нулю, а также при снижении стоимости производства не сказывалась на пригодности к эксплуатации, безопасности и эффективности. Эти основные критерии применяются ко всей выпускаемой продукции данной области.

В авиационно-космической промышленности изделия проходят самый долгий цикл разработки: бывает, что на создание космических ЛА и космической техники уходит до 10 лет разработки. Поэтому необходим последовательный метод для сохранения наработок и результатов, при непосредственной работе инженеров-проектировщиков. Так же данным материалом, могут воспользоваться в последствии и другие сотрудники предприятия. Это позволит избежать и перерасхода средств и сократить цикл разработки изделий. Все важные проектные данные следует оформлять и форматировать в соответствии с требованиями стандартов, чтобы понимать, отслеживать и контролировать процесс разработки изделия.

Точность расчетов определяет характеристики изделия и влияет на их качество. Важнейшие инженерные расчеты, отвечающие за первостепенные задачи, сочетают интерполяцию исходных данных, учитывая все требования, предъявляемые к изделию, с соблюдением математических законов и научных принципов с технологическими допущениями. Следовательно, с результатом таких точных расчетов является изделие высшего качества с наилучшими характеристиками.

Одной из таких программ для проведения точных расчетов можно назвать систему Mathcad, которая позволяет сохранять и документировать процесс разработки изделия.

Документирование процесса ведения расчетов позволит предприятиям:

- уменьшить риск, благодаря стандартизации расчетов;
- избежать ошибок в проектировании изделия и перерасхода материалов и средств;
- увеличить производительность и повысить качество;
- защитить подлинность и целостность инженерно-конструкторских расчетов.

Применение многофункциональной интерактивной вычислительной системы Mathcad играет важнейшую роль в авиационно-космической и оборонной промышленности, поскольку на протяжении многих лет система изменяется в обстоятельное решение для конструкторских расчетов.

Все знают, что основным назначением данного приложения являются математические вычисления, но это только начало, ведь технические возможности программного компонента действительно обширны и постоянно пополняются новыми элементами. Среди ключевых возможностей Mathcad следует выделить:

- **построение проектных формул:** программа Mathcad представляет собой не просто отдельный элемент вычислительной системы. По факту, пользователь, работая в данной программной сфере, формирует целые предложения из символов математики и алгебры. Для начала конструктор определяется с переменными, записывает их в виде текста, а потом отправляет всю эту сложную математику в программную среду Mathcad. Можно сказать, что с её помощью уравнения приобретают свой естественный вид.

- **работа с графическими объектами:** пользователь всегда может построить график или схему на основе результатов произведенных вычислений в Mathcad. Более того, график приобретает динамические свойства. Если хотя бы один из формульных параметров будет изменен, обновление сразу же отобразится на графике.

- **объединение с САПР:** программа Mathcad сконструирована таким образом, что её без труда можно подключить к любому другому программному средству. Это позволяет существенно увеличить набор применяемых параметров и используемых функций.

Предлагая массу возможностей для выполнения расчетов и решения задач проектирования, Mathcad в то же время предоставляет возможность обширного взаимодействия с другими инженерными и бизнес-приложениями.

Этот формат отображает каждый шаг работы пользователя и обеспечивает документирование технической работы в форме, оптимальной для накопления знаний и обмена информацией между разными командами и проектными группами. Например, оборонная компания Великобритании, занимающаяся разработками в области вооружений, информационной безопасности, аэрокосмической сфере BAE Systems широко использует систему Mathcad, рисунок 1.

Mathcad в аэрокосмической промышленности

Ситуация: Использованы различные инструменты — письменные отчёты, программы и калькуляторы
Множество ошибок из-за скрытых формул
Необходимость выполнения повторяющихся заданий вручную

Решение: Выбрано приложение Mathcad
Документация всех вычислений
Интеграция с другими приложениями
Более 500 инженеров Великобритании используют Mathcad для расчётов давления

Стандарт: Mathcad — это лучший инструмент для выполнения инженерных расчётов
Программа является стандартом, используемым в BAE Systems

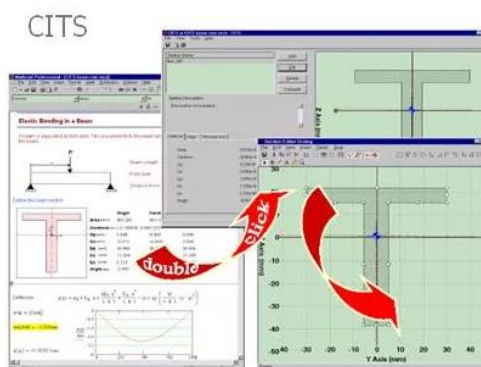


Рисунок 1 – Применении системы Mathcad компанией BAE Systems

Пользователями Mathcad в авиационно-космической и оборонной промышленности являются многие страны мира: Aerostructures (Австралия); Alenia Spazio (Италия); Управление гражданской авиации (Великобритания); Claverham Group (Великобритания); Датский институт космических исследований (Дания); Enator Moveo (Швеция); Технический центр Европейского космического агентства (ESA/ESTEC) (Нидерланды); Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA)(США); Orbital Sciences(США); VolvoAero Corporation (Швеция) и многие другие.

На каждом этапе процесса разработки изделия каждое проектное решение виртуально принимает форму числовых расчетов. До сих пор эти расчеты не сохранялись так тщательно, как геометрия конструкции в моделях CAD. Утилиты систем автоматизированного проектирования (CAD), средства управления данными об изделии и решения по управлению жизненным циклом изделия сохраняют и контролируют геометрию конструкции и результаты расчетов, но не сохраняют полной картины, включая уравнения и базовые допущения. Не имея возможности решать и документировать расчеты с помощью стандартизированных средств проектирования и оптимальных методов, предприятиям авиационно-космической отрасли приходится прибегать к малоэффективному повторному проектированию, совершая дорого обходящиеся ошибки и растрачивая интеллектуальную собственность.

Как мы видим, использование системы Mathcad многими странами мира показывает ее значимость, а постоянно её совершенствование отражает большие технические возможности, необходимые для инженеров:

1 Построение уравнений выполняется на основе символов математики и переменных в виде стандартных уравнений на белом листе.

2 Итоги любого уравнения можно представить в виде графического объекта, который будет меняться вместе с изменениями переменных.

3 Mathcad работает с САПР и приложениями компьютерного моделирования с различными целями:

- программа Mathcad в разы превосходит многие другие современные программы, работающие на основе таблиц, за счет понятного интерфейса и применения стандартных математических приемов. Отличается простотой в применении, что особенно актуально для инженеров;

- объединение с инструментами САПР помогает конструкторам в проектировании деталей, а также в выборе их составляющих частей и соответствующих параметров;

- Mathcad в сотрудничестве с PLM открывает перед своими пользователями существенно расширенные возможности;

- Mathcad в сотрудничестве с Creo Sketch отличается мобильностью и практичностью, представляя собой один из лучших инженерных блокнотов;

- Mathcad идеально подходит для проведения вычислений по инженерным конструкциям.

Список литературы

1 Скворцов, А. В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции / А.В. Скворцов, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Чмырь. – Москва: Машиностроение, 2013. – 320 с.

2 Кирьянов, Д. В. K43 Mathcad 15 / Mathcad Prime 1.0. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.: ил

3 Значение Mathcad в авиационно-космической и оборонной промышленности [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://pro-technologies.ru/upload/uf/26f/26f837d3e35801ab2cd3d016ce976f60.pdf>

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В ОРЕНБУРГСКОМ РЕГИ- ОНЕ

**Елагин В.В., канд. техн. наук, доцент,
Глинская Н.Ю., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-
ние высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В последние десятилетия машиностроение в России переживает не самые лучшие времена. Оренбургская область в этом отношении не только не является исключением, а, скорее, является архитипом. Достаточно сказать, что как минимум 5 крупных предприятий г. Оренбурга и г. Орска прекратили свое существование. Одним из важнейших факторов, определяющих возможность ренессанса машиностроительной сферы в регионе, является подготовка и переподготовка качественных инженерных кадров.

Если рассмотреть подготовку инженерных кадров с точки зрения процессного подхода, то прежде всего необходимо проанализировать то, что мы имеем на входе в этот процесс, а именно – уровень подготовки абитуриентов. Качество абитуриентов, желающих получить машиностроительное образование как минимум два десятилетия ежегодно падает. Причин этому несколько.

Во – первых, многие эксперты в сфере педагогики единодушно отмечают, что в последние 30 лет все ярче проявляется настораживающая мировая тенденция снижения когнитивных способностей (т.е. способностей обучаться) молодежи в целом и во всех областях. Даже в первом приближении причины этого явления не ясны. Например, выдвигаются гипотезы о том, что виновата всеобщая компьютеризация. Пока ясно одно – повлиять на этот процесс усилиями Оренбургского государственного университета невозможно!

Во-вторых, внедрение единых государственных экзаменов в средней школе резко увеличило отток наиболее хорошо подготовленных абитуриентов в центральные вузы страны. Этому же способствует не блестящее экономическое состояние Оренбургской области. В этом плане мы проигрываем не только Москве и С-Петербургу, но и соседним регионам – Башкирии, Татарстану и Самаре.

В-третьих, престиж инженерных профессий в сфере машиностроения оставляет желать лучшего. Если раньше говорили, что престиж инженера падает, то сейчас можно сказать, что он устойчиво лежит! Можно долго объяснять абитуриентам, что в качестве экономистов-юристов-менеджеров они будут долго, и часто безуспешно, искать работу, но именно эти направления традиционно продолжают привлекать лучших выпускников! Здесь важна качественная и неформальная профессиональная ориентационная работа. Традиционное посещение школ с рассказом о специальностях даёт слабый результат. Нужны новые более эффективные методики. Может оказаться эффективным доведение

реальной информации о специальностях родителям выпускников, которые безусловно существенно влияют на конечный выбор. Следует рассмотреть целесообразность использования для популяризации машиностроительных специальностей возможностей средств массовой информации и социальных сетей.

Качественный процесс обучения может обеспечить только квалифицированный и мотивированный состав преподавателей. В настоящее время на кафедре «Технология машиностроения, металлорежущие станки и комплексы» (ТММСК) сложился работоспособный и обладающий достаточными компетенциями коллектив. Сформировался хороший баланс более опытных и молодых преподавателей. Несколько настораживает отсутствие притока молодых преподавателей технологического направления. Большим достоинством коллектива является благоприятный морально-психологический климат, способствующий плодотворной работе. В составе кафедры два доктора и ___ кандидатов технических наук. Все преподаватели регулярно проходят повышение квалификации по различным направлениям. К сожалению, большая часть факультетов повышения квалификации проводят обучения на платной основе. Но для обучения по стратегически важным направлениям деньги находятся. Например, по направлению «Аддитивные технологии в машиностроении» уже обучен молодой преподаватель, готовый к внедрению в процесс обучения принтеров для печати металлическими порошками.

С точки зрения процессного подхода очень важной представляется система мотивации эффективной деятельности коллектива. Эта сфера должного внимания со стороны государства пока не получает, хотя не так давно руководство страны ставило задачу подъема заработной платы преподавателей до двукратного уровня средней зарплаты в регионе...

В учебном процессе кафедры ТММСК используется высокотехнологичное современное оборудование, представляющее сложные комплексы механических, электрических и электронных узлов, а также программного обеспечения. Для поддержания этого оборудования в работоспособном состоянии и подготовки его к использованию в учебном процессе сил и квалификации штатного учебно-вспомогательного персонала достаточно не всегда. Явно проявляющаяся тенденция к еще большему усложнению учебного оборудования выдвигает эту проблему в разряд критических. Планирование штатов учебно-вспомогательного персонала необходимо проводить с учетом сказанного. Количество и состав этого персонала для кафедры ТММСК в сравнении, допустим, с кафедрами истории или журналистики должны существенно отличаться!

Уже было сказано об использовании для целей образования современного оборудования. Для подготовки бакалавров и магистров в учебном процессе все-сторонне используются три станка с различными системами ЧПУ, высокоточные координатно-измерительная машина и измерительная головка, комплекс металлорежущего инструмента, класс для обучения программированию различных систем ЧПУ, достаточное количество средств вычислительной техники с мощными профильными пакетами программного обеспечения. Практически

все перечисленное произведено мировыми брендами – лидерами соответствующих направлений. Уровень этого оборудования полностью соответствует потребностям сегодняшнего дня. В какой-то степени этот уровень даже превышает средний уровень машиностроительных предприятий региона в настоящее время. Достаточно сказать, что это оборудование позволяет кафедре готовить не только бакалавров и магистров с соответствующей сегодняшним требованиям квалификацией, но и проводить переподготовку инженерных кадров по направлению «Программирование станков с ЧПУ».

Задерживаться в этом относительно комфортном состоянии уже нельзя! Технический прогресс, уровень развития наиболее продвинутых машиностроительных предприятий региона требуют новых компетенций у выпускников. Правильной реакцией на этот вызов с точки зрения состава учебного оборудования является дальнейшее развитие и совершенствование лабораторной базы кафедры. Сегодня кажется целесообразным внедрение в учебный процесс пятикоординатного станка с ЧПУ. Программирование такого оборудования имеет существенные специфические особенности, а тенденции автоматизации гибкого производства однозначно свидетельствуют об увеличении его востребованности. С этой же точки зрения необходимо приобретение прибора для настройки инструмента вне станка.

Крайне важным представляется развитие обучения аддитивным технологиям. На кафедре ТММСК 8 лет назад (впервые в регионе!) появился 3D принтер для печати ABS-пластиком. Он широко используется в процессе обучения. Сегодня назрела необходимость изучения технологии печати металлическими порошками, а для этого целесообразно приобретение соответствующего принтера. Представляется перспективной идея открытия отдельной специальности по этому направлению.

Для повышения уровня подготовки в области изучения мехатронных систем также требуется совершенствование лабораторной базы. Например, проведение лабораторного практикума на комплекте оборудования, на котором проводится чемпионат мира по мехатронике, позволит поднять подготовку инженеров до этого высокого уровня.

Реализация всех этих идей требует многомиллионного финансирования, чего с учетом сегодняшних экономических реалий ожидать трудно. Однако, если говорить о подъеме машиностроения региона на современный уровень, без этого не обойтись! В качестве альтернативного пути решения этой проблемы целесообразно рассмотреть возможность аренды дорогостоящего оборудования у крупных машиностроительных предприятий региона. Вариант создания комплексных хорошо оснащенных межкафедральных лабораторий также достоин обсуждения.

Процессный подход предполагает постоянную оценку уровня эффективности методического обеспечения процесса обучения. В настоящее время состояние методического обеспечения полностью соответствует всем требованиям внутривузовских стандартов и нормативам министерства науки и высшего образования. Профессорско-преподавательский состав кафедры разрабатывает

и регулярно обновляет монографии, учебники, учебные пособия, методические указания для реализации учебного процесса. Появление возможностей публикации методического обеспечения в электронном виде значительно упростило этот процесс и повысило уровень доступности информации для обучающихся. Вызывают недоумение постоянные изменения формальных правил оформления рабочих программ. Это требует огромных затрат времени преподавателей, а необходимость этого не очевидна.

Обобщая вышесказанное, можно с уверенностью констатировать готовность Оренбургского государственного университета участвовать в подъеме регионального машиностроения на новый уровень.

Список литературы

1. Елагин В.В., Глинская Н.Ю. Повышение качества разработки технологических процессов в курсовых проектах и выпускных квалификационных работах обучающихся (статья). Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 23-25 янв. 2019 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбургский гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ. - 2019. - С. 742-747

РАЗРАБОТКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ПРОЦЕССЕ РЕАЛИЗАЦИИ КАРТ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ

**Жумашева Б.К., Гуньков С.А.,
Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент, Акимов С.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

На сегодняшний момент времени значительное количество промышленных предприятий использует различные подходы и методы концепции бережливого производства, которая, посредством мер организационного взаимодействия позволяет в значительной степени повысить общую производительность труда.

Система бережливого производства сочетает в себе разнообразные методы и позволяет выявлять и устранять разнообразные производственные потери (простои, брак, перепроизводство и т.д.), что, в свою очередь, создает значительные конкурентные преимущества перед другими организациями.

Ведущим методом концепции бережливого производства является построение карт потока создания ценности.

Карта потока создания ценности – это универсальный инструмент, который способен решать важнейшие организационно-управленческие задачи посредством визуализации производственного процесса [1].

В настоящее время проблемами построения карт потока создания ценности были рассмотрены в ряде трудов зарубежных авторов, из которых, в первую очередь, необходимо выделить Дж. П. Вумейка [2] и М. Ротера, Дж. Шука [3]. В их работах достаточно детально описан процесс построения карты, анализ действующего производства на ее основе, а также процесс построения карты идеального состояния, которое должно обеспечивать оптимальные затраты на обеспечение производственных процессов.

В нашей стране метод карт потока начал применяться лишь в середине двухтысячных годов, однако на сегодняшний день все больше и больше производственных компаний начинают внедрять данный метод в своей деятельности [4].

Обратимся к вопросам проектирования карт потока. Проектирование карты потока следует начинать с максимального глубокого анализа текущей производственной ситуации. Построение карты потока начинается с нижнего уровня – уровня производственного процесса, причем, рассмотренного в мельчайших деталях. На создаваемую карту наносятся наименования обобщенных процессов, при этом не указывается шаговая составляющая процесса (процесс может быть обозначен одним словом или словосочетанием).

Для изображения процессов и потоков на карте используется ряд символов или пиктограмм, которые уже получили достаточно широкое распространение.

Примеры таких символов приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные элементы карты потока создания ценности [5]

Отметим, что построение каждого конкретного производственного потока выполняется непосредственно для определенного рабочего цикла. При этом не учитывается влияние различных внешних факторов, исключением здесь являются только лишь данные о поставке, в том случае, когда сырье попадает в производство сразу же, минуя склад. В силу особенностей построения карты потока, каждое предприятие заинтересовано в как можно более качественном отображении процесса на карте, поскольку от этого напрямую зависит оптимизация данного процесса [6].

Рассмотрим сам процесс построения карты потока создания ценности с составшей уже классической точки зрения. В самом начале необходимо сосредоточить свое внимание на производственном процессе. С точки зрения карты потока, производственный процесс подразумевает под собой некую обработку или переработку входной заготовки, которая, в результате обозначенного действия изменяет свои свойства, форму ли иные характеристики. Изменение этих характеристик представляется в виде увеличения ценности, ведь чем больше

труда задействовано для получения единицы продукции – тем выше ценность последней.

Таким образом, в результате обработки заготовки происходит добавление ценности, и тогда весь процесс обработки заготовки вплоть до получения необходимого результата есть процесс создания ценности.

При этом необходимо отметить, что общее время производства, то есть времени, затраченного на обработку изделия заметно выше, чем время непосредственного добавления ценности, то есть непосредственной работы с заготовкой. Это связано с такими процессами, как переналадка оборудования, его ремонт, загрузка и выгрузка изделия, простои в работе и другие факторы. Все это говорит о том, что время, в которое происходит добавление ценности, является лишь малой частью времени цикла работы оборудования. Данное обстоятельство дает возможность оценить эффективность производств, путем расчета специальных коэффициентов эффективности.

Приведем математическую зависимость коэффициента эффективности производства:

$$K_w = \frac{t_v}{t_c}, \quad (1)$$

где K_w – коэффициент эффективности производства;

t_v – время непосредственного добавления ценности;

t_c – время цикла работы оборудования.

Рассмотрим далее эффективность не только процесса работы, но и перемещения заготовки. Каждое перемещение ценности изделию не добавляет, поэтому руководству предприятия необходимо стремиться сокращать подобные перемещения. Таким образом, эффективность перемещения может быть отображена следующей зависимостью:

$$K_m = \frac{t_{me}}{t_{mr}}, \quad (2)$$

где K_m – коэффициент эффективности перемещения;

t_{me} – время, необходимое для перемещения изделия от одной единицы оборудования к другой;

t_{mr} – реальное время перемещения изделия от одной единицы оборудования к другой.

Общая эффективность потока может быть оценена, как сумма данных коэффициентов, для всех единиц оборудования и процессов перемещения, т.е.:

$$K_f = \frac{\sum_{i=1}^n t_{v_i} + \sum_{j=1}^m t_{me_j}}{\sum_{i=1}^n t_{c_i} + \sum_{j=1}^m t_{mr_j}}, \quad (3)$$

где K_f – коэффициент эффективности потока;
 n – общее количество единиц оборудования;
 m – общее количество перемещений.

Кроме того, может быть оценена абсолютная эффективность, как частное от деления времени добавления ценности на общие затраты времени, иначе говоря:

$$K_e = \frac{\sum_{i=1}^n t_v}{\sum_{i=1}^n t_{c_i} + \sum_{j=1}^m t_{mr_j}}. \quad (4)$$

Очевидно, что при подобном расчете всегда соблюдается следующее соотношение $K_e < K_f < K_m, K_w$. При этом необходимо стремиться к тому, чтоб все коэффициенты имели как можно большее значение.

Таким образом, в данной работе предложены коэффициенты для оценки эффективности работы производственных предприятий.

Список литературы

- 1 Акимов, С.С. Построение карты потока создания ценностей в системе бережливого производства предприятия / С.С. Акимов, С.А. Гуньков // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс]: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург : ОГУ, 2018. – С. 654-657.
- 2 Вумек, Джеймс П. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 473 с.
- 3 Ротер М., Шук Дж. Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс: CBSD, Центр развития деловых навыков, 2005. – 144 с.
- 4 Кутлахметов Р.И. Схема потока создания потребительской ценности. Методы менеджмента качества. – 2014. – № 11. – С. 4-10.
- 5 Как построить карту потока создания ценности (value stream map): пошаговая инструкция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lean6sigma.org.ua/2015/09/vsm/>.

6 Гуньков, С. А. Разработка программного продукта для построения карты создания ценности [Электронный ресурс] / С. А. Гуньков, С. С. Акимов // Программные продукты и системы, 2020. - № 2 (33). - С. 204-209.

МЕХАНИЗАЦИЯ СПУСКО-ПОДЪЕМНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА БУРОВЫХ УСТАНОВКАХ ПОДЗЕМНОГО БУРЕНИЯ

**Зиновьев Д.Д., Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Спуско-подъемные операции (СПО) относятся к наиболее трудоемким работам в бурении. На них приходится до 40 % всего времени, затрачиваемого на строительство скважины. Спуско-подъемные операции производятся с целью замены износившегося породоразрушающего инструмента, извлечения керна, заполнившего керноприемную трубу или заклинившегося в ней, наращивания или разбора колонны, а также при работах по ремонту скважины [1]. Данные операции включают в себя все манипуляции с трубами: перемещение, закручивание, откручивание, захват, удержание их трубодержателем.

Основными этапами технологического цикла при бурении скважин, требующими механизации, являются спуско-подъемные операции и операции приготовления раствора [2]. Это очевидно, так как при выполнении данных операций персонал затрачивает большие физические усилия, а также работают в очень грязных условиях. Причем среда, с которой работают буровики, достаточно химически активная, содержит кислоты, которые повреждают кожу.

Приближение персонала в зону бурения нежелательно, так как в зоне бурения осуществляются перемещения узлов с большими скоростями и усилиями, протекает рабочая жидкость под большим давлением, а также очень горячая. Перемещение узлов буровой установки при бурении – первая опасность для персонала. Скорость вращателей подземных буровых установок достигает 1600 оборотов в минуту, а усилия подачи достигают 15 тонн [3]. Такие значения скоростей и усилий могут привести к серьезным повреждениям для человека. Так как вращение и подача управляются другим человеком, то существует опасность включения режимов бурения при работе помощника бурильщика в зоне бурения.

Вторая опасность, как отмечалось ранее, буровые растворы и шламы достаточно токсичны для персонала. Два типа буровых растворов применяют при бурении: на углеводородной и на водной основе. Компоненты бурового раствора представляют собой вещества не выше четвертого класса опасности, поэтому при работе с ними специальных требований не предъявляют. Также необходимо при работе с нетоксичными и пылящими химическими реагентами соблюдать общие требования: персонал должен использовать специальную одежду, фартуки, перчатки и респираторы; помещение должно постоянно проветриваться и освещаться [4]. Вентиляция в шахтах достаточно плохая, так что не рекомендовано нахождение буровиков близ вертлюгов промывочного раствора во время бурения.

При этом образующийся при процессе бурения шлам может быть гораздо токсичнее для человека. Степень токсичности бурового шлама определяется составом горных пород, в которых происходило бурение. Буровой шлам может содержать высокие концентрации серы, мышьяка, свинца, кадмия, никеля и прочих элементов, превышающие предельно допустимую концентрацию данных элементов в почве. А также в шламе возможно высокое содержание углеводородов [5].

Третьим фактором является опасность бурения восходящих и нисходящих скважин. При бурении горизонтальных скважин колонна лежит на грунте, который воспринимает всю ее массу. При таких условиях становятся невозможным самопроизвольное перемещение колонны под действием собственного веса. Бурение горизонтальных скважин – безопасное при чрезвычайных ситуациях выхода из строя зажимных устройств. При бурении вверх и вниз и выходе зажимных устройств из строя или ошибке оператора буровая колонна устремится вниз под действием своего веса. Так как колонна может достигать десятки тонн в весе – она может нанести большой ущерб оборудованию и персоналу.

Бурение восходящих скважин достаточно редкое явление, но все же некоторые буровые компании пользуются им, что добавляет риски в процесс бурения.

Эти факторы ведут к огромной физической и психологической нагрузке, которая в свою очередь может привести к снижению производительности, а также к ухудшению здоровья сотрудников, а в некоторых случаях к летальному исходу. В результате буровики не сильно заинтересованы в активной работе из-за чего происходят простои.

Рассматривались различные вариации решения данной проблемы, изменялась конструкция оборудования. Но в итоге, выяснилось, что основным решением данной проблемы может служить полная механизация спуско-подъемного комплекса.

Спуско-подъемные комплексы (СПК) представляет собой совокупность агрегатов, модулей, механизмов буровой установки, направленных на операции: наращивания колонны, разбора колонны, установки обсадных труб, извлечения керна и др. В зависимости от отрасли применения, задач, выполняемых СПК, условий эксплуатации, компоновки СПК могут значительно изменяться [6].

При применении СПК следующие виды работ производят:

- для замены изношенного породоразрушающего инструмента осуществляется спуск и подъем бурильной колонны. В этом случае нагрузка на СПК не должна превышать значение номинальной грузоподъемности буровой установки;
- при проработке ствола перемещение бурильной колонны в скважине для устранения затяжек инструмента, а также при осуществлении подготовки ствола скважины при спуске обсадных колонн. В этом случае нагрузка на СПК соотносится с весом бурильной колонны;

– дополнительные аварийные и технологические работы, например, связанные со спуском, приподъемом, расхаживанием обсадных колонн, работой в горизонтальных и искривленных участках ствола скважины, ликвидацией в скважине прихватов инструмента и колонн. В этом случае нагрузка на СПК превышает вес бурильной колонны, а также может по величине приближаться к максимальной грузоподъемности.

Также при использовании СПК происходит при бурении частичная разгрузка веса бурильной колонны, а также в скважину осуществляется подача бурильного инструмента со скоростью, равной скорости разрушения горной породы на забое. В этом случае нагрузка, приходящаяся на СПК, оказывается меньше веса бурильной колонны на величину, равную нагрузке, приходящейся на долото.

СПК, при разнообразии конструкций разных производителей, выполняют одинаковые функции. К таким узлам можно отнести: лебедки, мачты, элеваторы, трубоизгибатели, трубодержатели, трубонакопители [4].

Применение таких узлов спуско-подъемного комплекса может дать разную степень механизации. Например: возможно подъем труб на мачту при помощи лебедки, но в то же время трубодержатель, удерживающий колонну может быть выполнен в виде задвижки или упора, который рабочий вручную должен вставить для предотвращения падения колонны.

Станок с полностью механизированными СПО должен включать:

- устройство подъема труб на мачту;
- устройство свинчивания/развинчивания бурильных труб;
- автоматический трубодержатель;
- накопитель труб.

В России основными поставщиками подземных буровых станков являются компании и заводы: «Boart longyear», «Epiroc», «Sandvik Coromant», Versa-Drill, ОАО «Завод бурового оборудования», ООО «Завод буровых технологий», АО «Геомаш», ООО НПО «Геммаш». Сравнительные данные по станкам приведены в таблице 1.

Имеются только две компании, поставляющие механизированный СПК к своим буровым – Boart longyear и Epiroc. Причем, СПК на данные станки идет, как дополнительная опция, что говорит о модульности СПК.

Стоит отметить, что в обоих случаях механизация СПО не полная, так как такие операции как подача труб и установка промывочного вертлюга выполняются вручную рабочим. Риски, связанные с опасностью при работе буровика с манипулятором подачи труб, были решены производителями обоих станков при помощи включения механизма только при активации двумя руками выключателей на пульте управления буровой.

Тяжелый физический труд буровика, а также нахождение в загрязненной среде остались нерешенными.

Таблица 1 – Сравнительные данные

Организация	Глубины бурения (N), м	Максимальный крутящий момент, Н·м	Усилие подачи, кН	Размер применяемых труб	Механизация СПО
Boart longyear	410–990	1820–3900	42–64	А–Н	+
Epiroc	515–1745	744–2425	52–133	А–Н	+
Sandvik Coromant	815–1945	800–2000	46–147	А–Н	–
ОАО «Завод бурового оборудования»	645–1250	1250–3000	70–120	В–Р	–
ООО «Завод буровых технологий»	1300	3690	126	В–Н	–
Versa-Drill	400–1400	2840–5689	70–120	В–Р	–
ООО НПО «Гем-маш»	100	1500	15	ТБСУ 43–63,5	–

При установке накопителя для труб, а также устройства отвинчивания вертлюга, предполагается решение данных проблем. В данном случае предполагается только управление буровиком операциями спуско-подъема с пульта управления. Трубы в накопитель должны загружаться перед каждой сменой при выключенном станке.

Среди советских и российских патентов по механизации СПО подавляющее большинство служит для газовых и нефтяных скважин. Например, патенты SU1134693A1; SU1479609A1; RU2444608C2 предлагают нам как отдельные механизмы, так и полноценные комплексы для осуществления спуско-подъемных операций.

Данные механизмы и комплексы предназначены для бурения нефтегазовых скважин, установки для бурения данных скважин достаточно массивны, зачастую не мобильны и отличаются конструктивно от установок для геологоразведочного бурения. Устройства вполне можно реализовать на наземных установках для геологоразведочного бурения, так как установки данного типа тоже очень мощные и крупногабаритные, а также на таких установках бурят только нисходящие скважины.

В патенте SU1078025A1, написанном в Советском Союзе, описано устройство для осуществления спуско-подъемных операций при бурении геологоразведочных скважин, но для бурения с поверхности при больших габаритах буровой установки.

Американских патентов в сфере механизации СПО больше. Так, например, патенты US4595066; US5575344; US7347285; US8186926 описывают устройства для механизации СПО на установках для геологоразведочного бурения. А патенты US10612322; US20130037324A1 описывают такие механизмы

на подземных станках, что особо актуально ввиду отсутствия аналогичных патентов в России.

При анализе рынка буровых установок установлено, что на российском рынке отсутствуют установки с механизацией СПО для подземных буровых работ. В условиях, когда зарубежные компании уходят с российских рынков (Boart longyear больше не продает станки в России), требуется отечественный аналог, выполняющий те же функции. Для увеличения линейки оборудования, производящего подземные буровые работы, предлагается модернизировать один из имеющихся российских станков.

Модернизация будет проводиться для установки ZBO U7 ОАО «Завод бурового оборудования». Данная установка является одной из самых прогрессивных на данный момент в России и ближе всех подошла по конструкции и характеристикам к западным аналогам.

Предполагается полная механизация спуско-подъемных операций на станке и отдаление персонала от зоны бурения. Для этого требуется спроектировать манипулятор для труб, способный производить:

- подъем/спуск и ориентацию труб;
- свинчивание/развинчивание труб с требуемым моментом затяжки;
- свинчивание/развинчивание промывочного вертлюга;
- удержание, спуск/подъем, а также подача в колонну керноприемной трубы.

Также требуется спроектировать бункер для хранения труб, вмещающий трубы для одной смены.

Условная схема модернизированной установки приведена на рисунке 1.

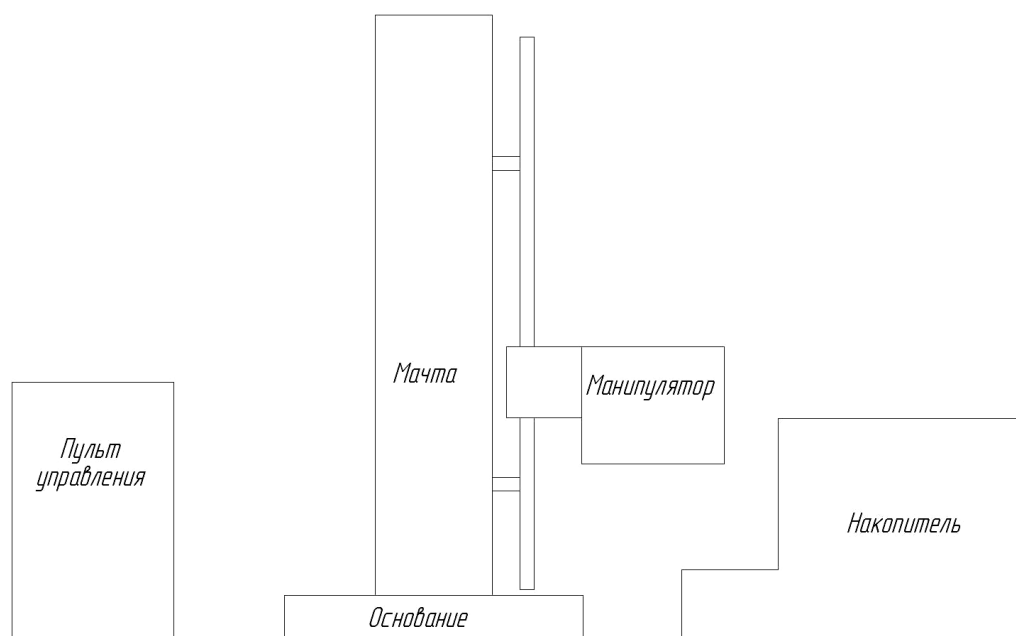


Рисунок 1 – Компоновка модернизированной установки

При модернизации потребуется провести инженерный расчет в системе Ansys для проверки жесткости, а также вычисления собственных частот колебания манипулятора. Сегодня CAE-система ANSYS является одной из немногих систем позволяющих выполнять наиболее эффективное компьютерное моделирование комплексных задач математической физики: механики деформируемого твердого тела (МДТТ), задач гидро- и газодинамики, электромагнетизма. CAE-система ANSYS – это одна из систем этого класса, оснащенная средствами препроцессорной подготовки геометрических и сеточных моделей и имеющая развитые инструменты обработки результатов расчетов, в том числе, с графическим представлением данных и эффектами анимации [7].

Учет в технических системах механических резонансных явлений является актуальной задачей. Резонанс может обладать как полезным, так и вредным свойством для технической системы. Например, если при действии резонанса происходит разрушение механической конструкции – это очевидно негативное явление резонанса. А если при резонансе происходит ожидаемый и необходимый для механизма рост амплитуды, например, перемещений его рабочего органа – это, очевидно, полезное свойство резонанса [8].

Расчеты на жесткость позволят спроектировать механизм, не теряющий точности при приложенных внешних нагрузках в процессе работы. А собственные частоты манипулятора потребуются для сравнения с режимами работы оборудования для предотвращения явления резонанса и разрушения.

Список литературы

- 1 Храменков, В.Г. Бурение геологоразведочных скважин: учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 244 с.
- 2 Нескоромных, В.В. Бурение скважин : учебное пособие / В.В. Нескоромных ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2014. – 400 с.
- 3 Зварыгин, В.И. Буровые станки и бурение скважин : учебное пособие / В.И. Зварыгин. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011. – 256 с.
- 4 Ермолаева, Л.В. Буровые и промывочные растворы : учеб. пособие / Л.В. Ермолаева. – Самара ; Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 46 с.
- 5 Беляков, А.Ю. Оценка токсичности буровых шламов и эколого-функциональные особенности выделения из них микроорганизмов [Текст] : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 : защищена 28.11.14 / А.Ю. Беляков. – Саратов, 2014. – 173 с.
- 6 Гаврилова, Л.А. Компонентные схемы спуско-подъемного комплекса буровых установок / Гаврилова Л.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень : науч.-техн. журн. – 2003. – №3. – С. 119-121.
- 7 Основы работы в ANSYS 17 : практ. пособие / Н. Н. Фёдорова [и др.]. – Москва : Изд-во ДМК Пресс, 2017. – 210 с.

8 Попов И.П. Исследование резонансов в технических системах / Попов И.П. // Вестник вологодского государственного университета. Серия: технические науки. : научн. журн. – 2019. – №2(4). – С. 15-18.

ПОИСК ТРЕЩИН В ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ МЕТОДОМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

**Игуменов А.В., Айденов К., Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Основой метода свободных колебаний является использование упругих свойств колебательной системы. При этом производится возбуждение упругих колебаний в изучаемом объекте, а также изучение и анализ характеристик собственных колебаний данного объекта. Данный метод отлично зарекомендовал себя и не раз доказывал свое превосходство при обнаружении внутренних дефектов (трещин, коррозий металла и др.) [1, 2, 3].

Перед нами была поставлена задача по определению положения трещин в тонкостенном стержне с помощью метода свободных колебаний. Для решения данной задачи был использован программный комплекс Autodesk Inventor. В этом комплексе производилось моделирование колебаний тонкостенного стержня. В качестве объекта моделирования была выбрана тонкостенная труба длиной 1000 мм, диаметром 32 мм с толщиной стенки 2,8 мм, выполненная из стали Ст3пс. Тонкостенная труба жестко крепилась одним концом. 3D модель трубы представлена на рисунке 1.

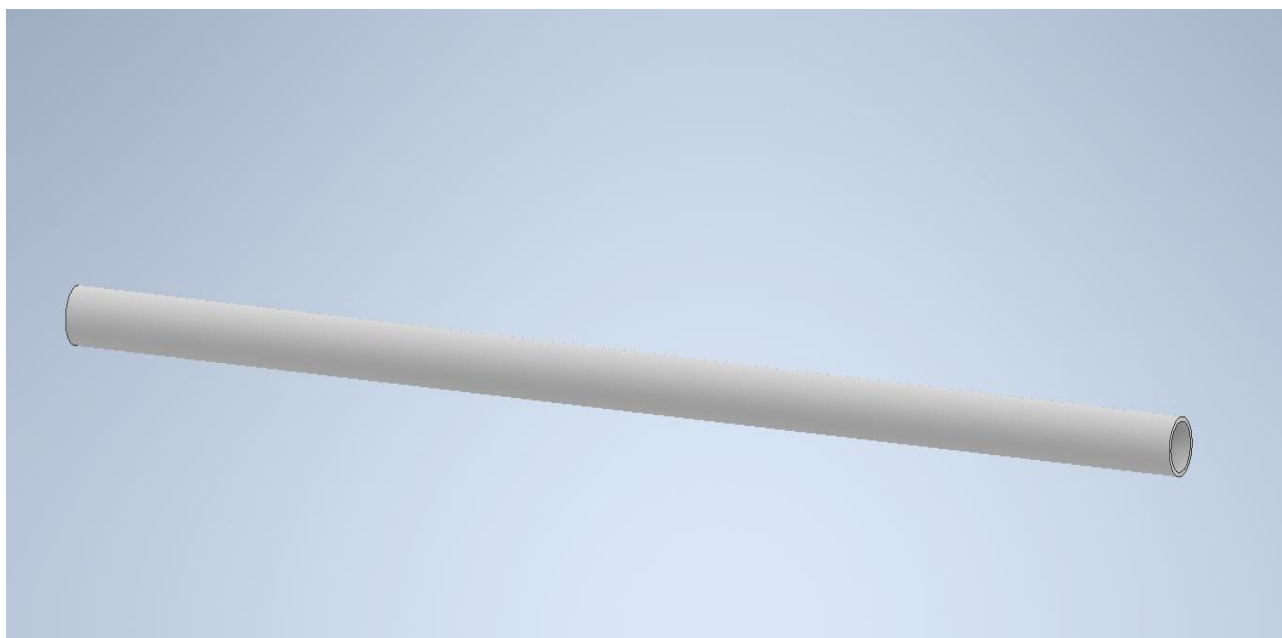


Рисунок 1 – 3D модель тонкостенной трубы

Полученные результаты анализа изгибных колебаний тонкостенной трубы в вертикальной плоскости представлены на рисунках 2 и 3 (на рисунке 2 – колебания тонкостенной трубы без дефектов, а на рисунке 3 – колебания тонко-

стенной трубы, содержащей две трещины). Размеры трещин и места их расположения представлены на рисунке 4.

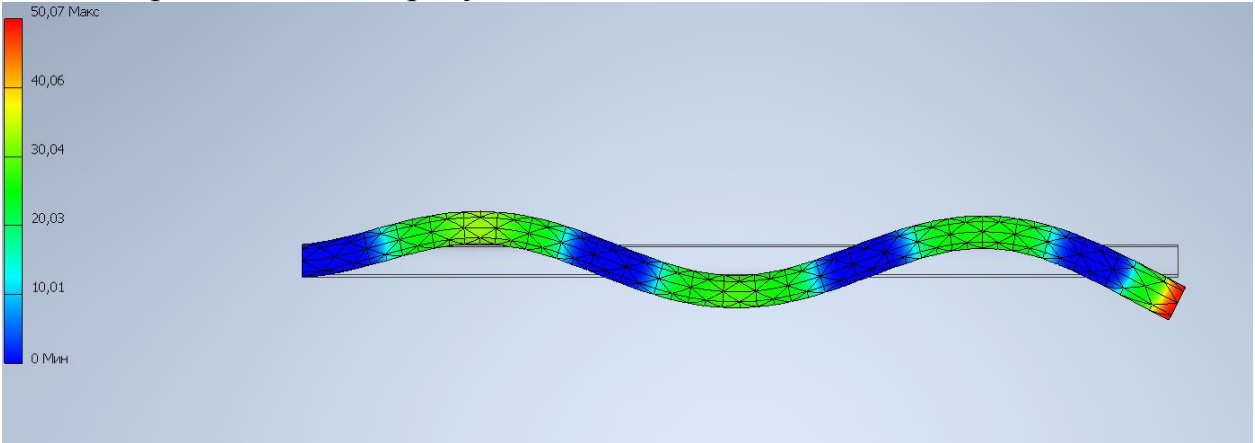


Рисунок 2 – Колебания тонкостенной трубы без дефектов

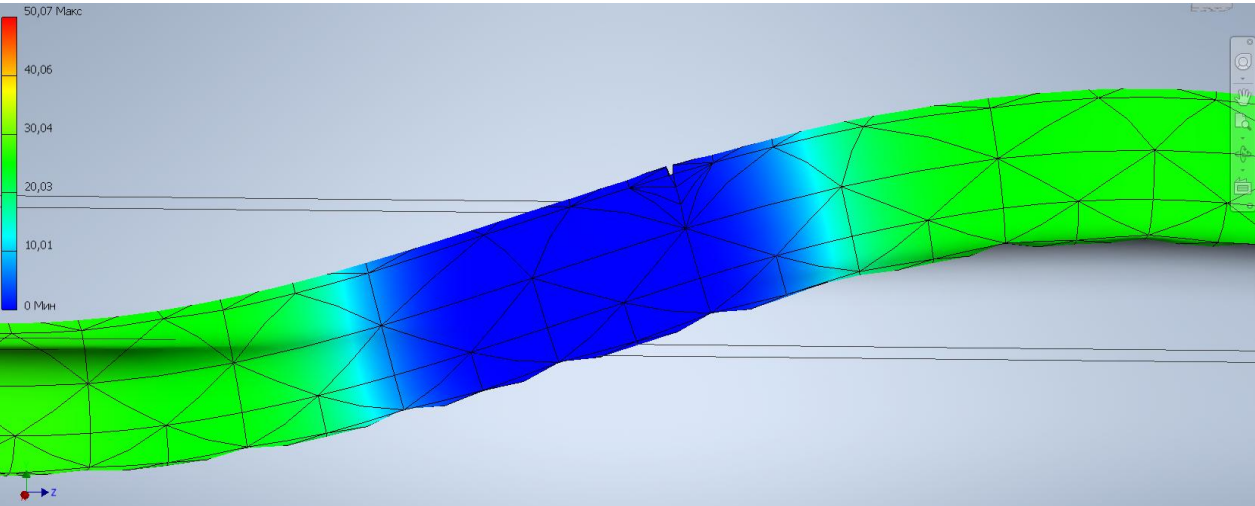


Рисунок 3 – Колебания тонкостенной трубы, содержащей трещины

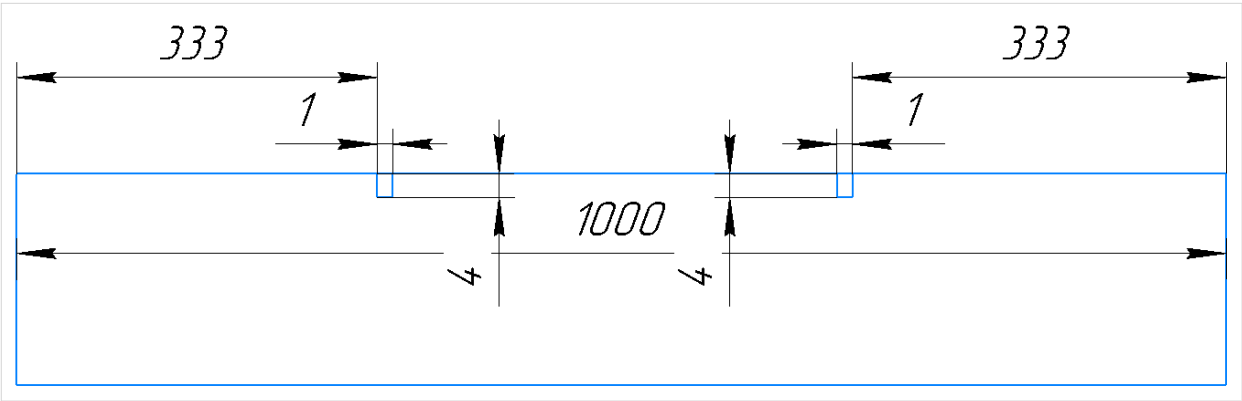


Рисунок 4 – Местоположение и размеры трещин

Значения полученных собственных частот первых пяти форм изгибных колебаний тонкостенной трубы в вертикальной плоскости представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения частот собственных колебаний

Вид колебаний	Номер формы	Значение частоты без дефектов, Гц	Значение частоты с дефектами, Гц
Изгибные колебания в вертикальной плоскости	1	33,13	33,11
	2	34,46	34,45
	3	214,29	213,85
	4	586,35	588,28
	5	1128,53	1097,87

Таким образом, применение программного комплекса Autodesk Inventor позволило произвести моделирование колебаний тонкостенных стержней. Были получены пять первых частот изгибных колебаний в вертикальной плоскости для труб с дефектом и без дефектов. Анализ полученных частот позволяет сделать вывод о значительном изменении частот для некоторых форм колебаний, что в свою очередь позволяет говорить о появлении дополнительной диссипации энергии в процессе колебаний, что связано с наличием трещин.

Список литературы

1. Free Vibrations of Thin-Walled Box-Section Bars Allowing for Shear Strains / A. Gavrilov, G. Grebenyuk, N. Morozov, A. Grehov // International Journal of Engineering & Technology, 2018. - Vol. 7, Iss. 2.13. - P. 7-12
2. Морозов, Н. А. Исследования колебаний рамы, выполненной из тонкостенной профильной трубы / Н. А. Морозов, А. А. Гаврилов, И. А. Морозова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 23-25 янв. 2019 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбургский гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург: ОГУ, 2019. - С. 836-839.
3. Gavrilov, A. Damping Accounting in Calculating Problem of Thin-Walled Rod of Closed Profile / A. Gavrilov, E. Poyarkova, N. Morozov // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018), 15-18 May, 2018, Moscow, Russia / ed. by A. A. Radionov [et al.] ; Moscow Polytechnic University [et al.]. - Electronic data. - Cham, Switzerland : Springer, 2019. - P. 673-681.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Кабаков Н.А., Припадчев А.Д., д-р. техн. наук, профессор,

Горбунов А.А., канд. техн. наук, доцент,

Магдин А.Г., канд. техн. наук

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Ввиду необходимости сокращения сроков проектирования, производства и повышения конкурентоспособности выпускаемых летательных аппаратов (ЛА), наблюдается широкое внедрение систем автоматизированного проектирования (САПР) в проектной деятельности.

Проектирование беспилотного летательного аппарата (БПЛА) – это сложный, многоэтапный процесс. Одним из наиболее важных этапов проектирования является формирование облика БПЛА, так как облик – это наиболее важная характеристика ЛА, которая отражает в себе его схему, общий вид и компоновку [1].

Научно-исследовательские работы, посвященные проблематике автоматизации проектирования БПЛА в большей степени направлены на решение вопросов проектирования и модернизации БПЛА самолетного типа.

Автоматизации проектирования ЛА посвящена работа В.В. Мишина по теме: «Введение в машинное проектирование летательных аппаратов», в данной работе рассматриваются вопросы автоматизации проектных операций при поиске и выборе параметров ЛА. Описаны состав и общие принципы построения систем автоматизированного проектирования ЛА, содержится постановка типовых задач поиска конфигурации, структуры и режима движения. Особое внимание уделено численным поисковым методам, позволяющим решать практические задачи по выбору рациональных проектных решений. Описаны алгоритмы, реализующие методы автоматизированного синтеза структуры летательного аппарата [1]. Методам автоматизации проектирования в большей мере посвящена работа М.И. Осина по теме: «Методы автоматизированного проектирования летательных аппаратов», в которой рассмотрены вопросы автоматизированного проектирования ЛА различных типов, а также методы автоматизированного конструирования агрегатов, узлов и деталей, входящих в состав ЛА. Охвачены основные проблемы прикладных проектно-поисковых расчетов, необходимых для определения облика ЛА. Рассмотрены инженерные приемы для синтеза структуры и состава ЛА [2]. Куренков В.И. в своей работе по теме: «Основы автоматизированного проектирования», провел обзор методов и средств информационной поддержки проектирования изделий авиационной техники, также рассмотрел методические вопросы автоматизации проектирования и конструирования ЛА. Обсуждаются методические вопросы постановки и решения задач математического программирования при проектиро-

вании ЛА [3].

Наиболее ответственным этапом проектирования ЛА является предварительное проектирование облика. На этом этапе принимаются наиболее важные решения, которые определяют дальнейшую судьбу проекта.

Основной целью предварительного проектирования является определение оптимального облика изделия. Для достижения этой цели необходим анализ большого числа альтернативных вариантов ЛА, а также совершенствование методов принятия решений, в том числе определение самого понятия оптимальности для задач проектирования ЛА.

Задачи, решаемые на начальных этапах проектирования зависят от проектируемого изделия и от принятой в конструкторском бюро технологии. Несмотря на это, можно указать некоторые типовые задачи, которые возникают при формировании облика [4]. Такими задачами являются:

- анализ тактико-технических требований;
- выбор компоновочной схемы;
- определение структуры и состава конструктивных параметров и характеристик ЛА;
- выбор и построение основных геометрических параметров;
- построение конструктивно-силовой схемы ЛА;
- выбор и согласование двигательной установки с планером ЛА.

Для проверки соответствия конкретной компоновки техническому заданию необходимо уже на этапе формирования облика оценивать летно-технические, аэродинамические и другие характеристики ЛА.

Перечисленные выше типовые задачи формирования облика могут варьироваться в зависимости от конкретных обстоятельств их возникновения.

Под решением перечисленных задач понимается оптимальный выбор конечного числа альтернатив из множества допустимых конструкций, поэтому при постановке конкретной задачи необходимо указать критерий или критерии оптимальности выбора [4].

Анализ структур различных БПЛА показывает, что все они различаются по составу и типу подсистем, узлов, агрегатов, вариантам технологических и конструкторских решений, которые используются при разработке. Для выбора того или иного варианта проектного решения их количество должно быть, как можно большим.

Формирование проектного решения включает решение задач синтеза и анализа.

Синтез – это проектная процедура, результатом которой является соединение различных элементов в единое целое [4].

Реализация процедуры синтеза заключается в формировании множества возможных вариантов с учетом ограничивающих условий.

Для БПЛА синтез структуры тесно связан с его компоновкой, т.е. с пространственным размещением компонентов проектируемого изделия.

Анализом называют, метод исследования, характеризующийся выделением и изучением отдельных частей объектов исследования.

Цель задач анализа – это получение информации о характере функционирования БПЛА и значениях его выходных параметров при сформированной структуре и обоснованно выбранных параметрах самого объекта и его подсистем [4].

Для предварительной оценки альтернативных вариантов БПЛА необходима информация о его массовых, баллистических и геометрических характеристиках. Таким образом, формирование проектных решений вариантов требует выполнения совокупности взаимосвязанных задач проектного анализа БПЛА, включающих:

- формирование опорного облика БПЛА;
- баллистическое проектирование;
- расчет массы частей БПЛА;
- расчет геометрических размеров БПЛА.

Особенностью рассматриваемых задач является их взаимосвязанность, поэтому их решение – это процесс, который непрерывно повторяется пока не будет достигнут необходимый результат. На схеме 1 представлены многочисленные обратные связи, каждая из которых указывает на необходимость возврата к одной из предыдущих задач либо корректировка опорного варианта БПЛА. Это комплексная задача проектного анализа БПЛА.

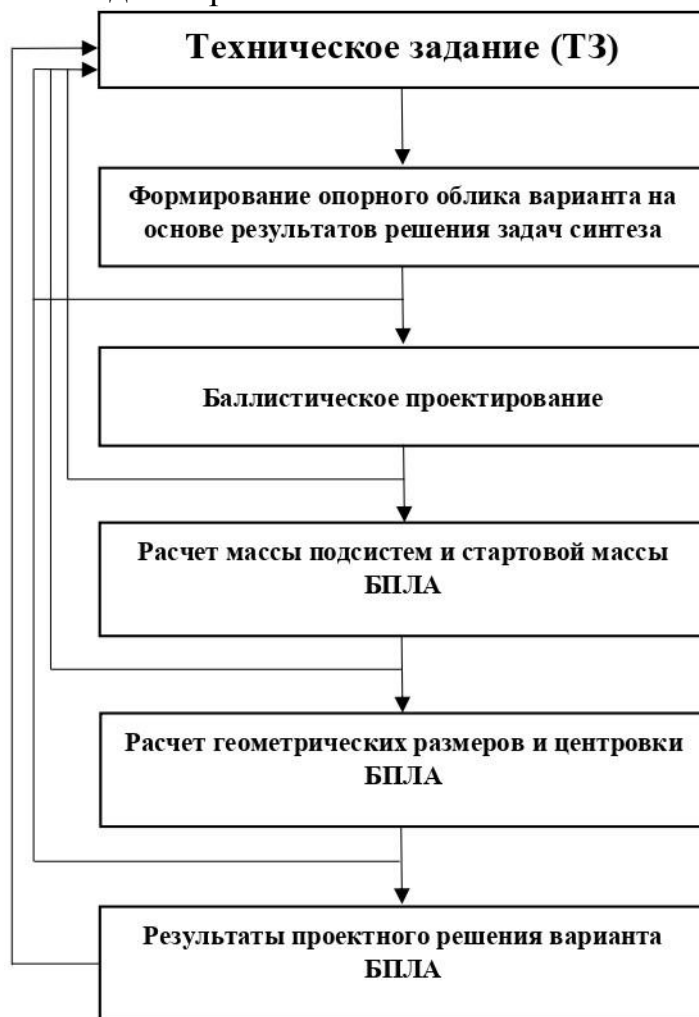


Схема 1 – Решение комплексной задачи проектного анализа вариантов БПЛА

Использование САПР в качестве инструмента проектирования позволяет осуществлять верификацию данных, а также корректировать исходный облик и сам процесс проектирования на всех его этапах.

Основной задачей САПР, должна являться автоматизация проектирования БПЛА и его информационной модели с учетом всех возможных проектных решений альтернативных вариантов [5].

В основе системы должен лежать принцип унификации программной и информационной среды процесса проектирования. На основе обобщенной структуры БПЛА, которая является формализованным представлением объекта, формируются все возможные варианты технологических, проектных и конструкторских решений.

Метод автоматизированного проектирования БПЛА самолетной схемы включает в себя реализацию информационного, прикладного программного и алгоритмического обеспечения. Для предварительной оценки альтернативных вариантов БПЛА необходима информация о его массовых, баллистических и геометрических характеристиках [6]. Таким образом, программное обеспечение реализует следующие этапы проектирования:

- выбор параметров формирования облика БПЛА;
- определение основных аэродинамических характеристик;
- расчет массы частей БПЛА;
- расчет геометрических размеров БПЛА.

Основные этапы автоматизации проектирования БПЛА представлены на схеме 2.



Схема 2 – Последовательность решения задач автоматизированного проектирования БПЛА в САПР

В соответствии с рассчитанными характеристиками САПР строит 3D-модель проектируемого БПЛА в системе трехмерного моделирования [7].

Таким образом, при данном подходе автоматизации проектирования показана возможность проработки сразу нескольких альтернативных вариантов БПЛА, что в значительной мере облегчит проектно-конструкторские работы.

Список литературы

1. **Мишин, В.П.** Введение в машинное проектирование летательных аппаратов. - М. : Машиностроение, 1978, 128 с.
2. **Осин, М.И.** Методы автоматизированного проектирования летательных аппаратов. - М. : Машиностроение, 1984. - 168 с.: ил.
3. **Куренков, В. И.** Основы автоматизированного проектирования [Электронный ре-сурс] : электрон. учеб. пособие / В. И. Куренков, А. А. Панков; Минобрнауки Рос-сии, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (2.5 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
4. **Петраш, В.Я.** Решение задач проектного анализа беспилотных летательных аппаратов в учебной САПР: учебное пособие. - М. : Изд-во МАИ, 2018. - 108 с.: ил. - ISBN 978-5-436-0488-1.
5. **Капустин, Н.М.** Комплексная автоматизация в машиностроении: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, Н.П. Дьяконова; под ред. Н.М. Капустина. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 368 с. – ISBN 5-7695-2216-X.
6. **Болдырев, А. В.** Автоматизация конструирования летательных аппаратов [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А. В. Болдырев, В. А. Комаров; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (13,6 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
7. **Малышев, Н.Г.** Управление автоматизированным проектированием. Книга 2. Принципы и модели построения информационного и программного обеспечения / Н.Г. Малышев. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 156 с. - ISBN 978-5-9221-1780-7 (Кн.2).
8. **ГОСТ 34.003-90.** Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения [Текст]. - взамен ГОСТ 24.003-84, ГОСТ 22487-77. - Введ. 1992-01-01. - М. : Госстандарт России: Стандартинформ, 2009. - 16 с.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Кайшаева В.О., Гаврилов А.А., канд. техн. наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Обеспечение комплексной безопасности технических процессов на предприятиях нефтегазовой отрасли является ключевой задачей в организации производства. Актуальной проблемой является предупреждение возникновения аварий на ранних стадиях. В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на процесс производства, приведена статистика аварий за 2020 год, сделаны выводы по исследуемой теме.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, опасный производственный объект, фактор, авария, безопасность.

Нефтегазовый комплекс (НК) является наиболее экономически значимой частью топливно-энергетического комплекса России. Нефтяная промышленность, являющаяся основной составляющей НК, включает в себя:

- геологоразведку;
- бурение скважин;
- добычу нефти;
- переработку нефти и газа.

Еще одной составляющей НК России, является сбытовая деятельность. И в этой структуре особое место принадлежит транспортировке нефти, которая является составляющей, как нефтяной промышленности, так и сбытовой коммерческой деятельности.

Согласно федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ к категории опасный производственный объект относятся [1]:

- 1) объекты, на которых получают, используют, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества;
- 2) объекты, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля;
- 3) объекты, на которых используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, а так же ведутся горные работы.

Предприятия нефтегазового комплекса относятся к опасным производственным объектам. Поэтому к безопасности на этих предприятиях предъявляются повышенные требования, в частности, это относится к:

- надежности и исправности оборудования для добычи, хранения, переработки и транспортирования нефти и газа;
- обеспечения взрывобезопасности;
- обеспечения пожарной безопасности объектов;
- обеспечения экологической безопасности.

Объектами мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций являются потенциальные источники чрезвычайных ситуаций [2].

Факторы, оказывающие влияние на безопасность технологических процессов, можно разделить на следующие группы:

- 1 Отказ оборудования.
- 2 Неквалифицированные действия персонала.
- 3 Внешние воздействия природного и техногенного характера.

Как следствие, под влиянием этих факторов возможен рост числа аварий с более тяжелыми социальными, экономическими и экологическими последствиями.

Согласно статистике, за прошедший 2020 год на предприятиях нефтегазового комплекса произошло 37 аварий. В основном происходили аварии с выбросами опасных веществ - 43%, взрывы, разрушения технических устройств и сооружений - 38%, пожары - 19%.

Экономический ущерб от аварий в 2020 году составил 5,356 млрд рублей.

Предприятия и виды аварий, произошедшие на них, указанные на официальном сайте Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) за 2020 год [3], представлены в таблице 1.

Таблица 1-Виды аварии на предприятиях нефтегазового комплекса

Наименование организации	Вид аварии
АО «Газпром газораспределение Нальчик»	Механическое разрушение надземного участка стального газопровода высокого давления в результате дорожно-транспортного происшествия
АО «ПРОДО Тюменский бройлер»	Механическое повреждение газопровода ковшом экскаватора произошло при прокладке кабельной линии
ИП Егоров В.А	Разгерметизация обвязки технологического оборудования АГЗС и утечка сжиженного углеводородного газа (СУГ)
ТПП «ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз»	Несвоевременная герметизация устья скважины при первых признаках газонефтеводопроявления
АО «Газпром газораспределение Брянск»	Механическое повреждение газопровода произошло при прокладке кабеля рабочим органом режущего цепного устройства баровой машины
АО «Салехардэнерго	Основной причиной аварии стало не квалифицированное техническое обслуживание газового фильтра

Продолжение таблицы 1

ООО «Южно-Охтеорское»	Использование непрошедшего периодическую поверку газосигнализатора, установленного в технологическом помещении блока подготовки жидкого топлива
-----------------------	---

Как видно из таблицы 1, основными причинами возникновения аварий, являются:

1) в трех случаях внешние факторы, а именно:

- механическое разрушение надземного участка стального газопровода высокого давления в результате дорожно-транспортного происшествия;
- механическое повреждение газопровода при прокладке кабеля;
- механическое повреждение газопровода ковшом экскаватора при прокладке кабельной линии.

2) в трех случаях ошибки персонала:

- несвоевременная герметизация устья скважины при первых признаках газонефтеводопроявления;
- неквалифицированное техническое обслуживание газового фильтра;
- использование непрошедшего периодическую поверку газосигнализатора.

3) в одном случае внутренний фактор:

- разгерметизация оборудования, приведшая к возгоранию СУГ.

На рисунке 1 представлена диаграмма распределения в процентах основных причин аварий.



Рисунок 1-основные факторы риска и причины аварий

Предпосылками возникновения аварий на ОПО нефтегазовой отрасли является высокая динамика изменения параметров внешней и внутренней среды их функционирования [4], что в свою очередь способствует увеличению возникновения взрывопожарной и пожарной опасности. Данная проблема особо актуальна при хранении, транспортировании углеводородных сред, а так же при эксплуатации нефтегазового оборудования.

В настоящее время, невозможно полностью исключить аварии на опасных производственных объектах. Именно поэтому сохраняется актуальность проблем предупреждения возникновения аварий на предприятиях нефтегазовой отрасли, а также исключения тяжелых последствий таких событий. Важнейшей задачей обеспечения безопасности является не установление факта возникновения отказа или аварии, а, прежде всего, его предупреждение.

Подводя итоги можно сделать ряд выводов. Основными причинами аварий являются внутренние опасные факторы, связанные с разгерметизацией и разрушением технических устройств, а также неквалифицированные действия персонала, обусловленные нарушением требований организации и производства опасных работ.

Для предупреждения аварий на предприятиях нефтегазового комплекса необходимо создать систему управления надежностью и безопасностью производственных процессов. Данная система позволит:

- 1) эффективно использовать ресурсы;
- 2) внедрить ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии;
- 3) модернизировать основные производственные фонды;
- 4) снизить риск чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Список литературы

1 О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Текст]: федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ//Собр. законодательства Рос. Федерации

2 Борzych В. Э., Лапик Н. В. Моделирование и прогноз техногенных катастроф в нефтегазовой отрасли // Пожаровзрывобезопасность. 2010. №3. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-i-prognoz-tehnogennyh-katastrof-v-neftegazovoy-otrasli>

3 Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru>

4 А. В. Викман, Ю. Е. Актерский, В. В. Кутузов Роль автоматизированных систем управления комплексной безопасностью в составе опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2019. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-kompleksnoy-bezopasnostyu-v-sostave-opasnyh-proizvodstvennyh-obektov-neftegazovoy-otrasli>

СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ «СЛЕПОЙ» ВЫБОРКИ ТОЧЕК ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Рак Н. П.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

Оренбургский государственный университет

Одним из важнейших показателей качества машиностроительных изделий является их геометрическая точность, а именно: точность исполнения линейных и угловых размеров, а также точность формы и расположения поверхностей. На практике для контроля названных параметров точности применяются различные средства измерений, наибольшей эффективностью среди которых обладают различные координатно-измерительные системы. На производстве эти системы, в большинстве случаев, представлены координатно-измерительными машинами (КИМ) широкого модельного ряда.

В основу выполняемых на них измерений положен тот факт, что измеряемая деталь практически всегда может быть представлена в виде совокупности элементов простейшей геометрической формы, таких как плоскости, прямолинейные отрезки, окружности, цилиндры, конусы и т.д. Математически каждый из этих элементов реальной геометрии детали может быть аппроксимирован идеальным геометрическим элементом (замещающим элементом) через некоторое количество точек, принадлежащих реальному элементу.

Соответственно, КИМ позволяют выполнять такую аппроксимацию путем измерения координат необходимых точек на реальных поверхностях детали и их передачи в программное обеспечение измерений, где производится их математическая обработка, конечным результатом которой является оценка того или иного геометрического параметра детали. Данный подход к оценке геометрических параметров детали принято называть координатным измерением.

Измерение (выборка) точек может выполняться контактным (с использованием щуповых измерительных систем) и бесконтактным (с использованием оптических систем) методом, каждый из которых требует правильной настройки используемой измерительной системы. Если допустить, что координатная измерительная система правильно настроена, то получаемые результаты координатного измерения, в соответствии с его определением, будут, прежде всего, зависеть от выборки точек на элементах детали. Эта выборка должна обеспечивать описание поверхностей, пригодное для оценки замещающих элементов с достаточной для данной измерительной задачи точностью, и при этом не должна иметь чрезмерный объем, поскольку его увеличение отражается на трудоемкости измерений, что отчасти справедливо даже для сканирующих измерительных систем [3].

Например, если поперечное разрешение сканера недостаточно в данных условиях, то оператор будет вынужден произвести несколько сканирований детали с сохранением их результатов, что, само собой, подразумевает увеличен-

ное время измерения. Данная проблема известна как «определение стратегии выборки», где под стратегией выборки понимается способ выбора положений точек на измеряемых элементах детали.

При оценке геометрической точности детали стратегия выборки является одной из наиболее значимых составляющих погрешности измерения. В соответствии со стандартом ИСО 1101:2012 (ГОСТ Р 53442-2015) геометрическая погрешность определяется точкой, которая наиболее отклоняется от номинальной геометрии. Однако при выборке точек на элементе фактическое измерение не дает полного описания элемента как такового, а лишь позволяет его аппроксимировать.

Следовательно, стратегия выборки эффективна лишь тогда, когда она с большой долей вероятности способна захватить на элементе его наиболее отклоняющуюся точку. По факту, согласно существующим определениям полей допусков, именно такие точки определяют соответствие или несоответствие деталей, т.е., если они попадают в поле допуска, то деталь считается соответствующей допуску (годной). Очевидно, что, если наиболее отклоняющаяся точка не захватывается выборкой, то в результатах измерения появится некоторая погрешность.

Поэтому для получения как можно более точной оценки геометрической погрешности должна быть определена корректная стратегия выборки, позволяющая идентифицировать те области поверхности, в которых локализуется максимальное геометрическое отклонение, т.е. максимальное отклонение формы реального элемента от его номинальной формы. Это может быть достигнуто путем выборки большого числа точек, равномерно распределенных по поверхности измеряемого элемента.

Вероятно, наилучшим подходом к выборке является использование быстрой измерительной системы (то есть способной к выборке большого числа точек за короткое время), поскольку для нее низок риск пропуска каких-либо значимых поверхностей измеряемого элемента. Однако средства измерения, характеризующиеся малой погрешностью измерения, часто являются медленными, в связи с чем может становиться важной проблема выбора корректной стратегии выборки, т.к. полное описание элемента потребует непозволительных затрат времени на измерение.

В настоящее время существуют различные стратегии выборки, наиболее распространенными среди которых являются стратегии «слепой» выборки точек. Стратегия выборки является «слепой», если для ее определения необходима информация о номинальной геометрии и допусках измеряемой детали, а также метрологических характеристиках используемой измерительной системы, и если число точек в выборке выбирается один раз и применяется для всех измеряемых деталей. При этом шаблон, по которому выбираются точки, задается перед началом измерения и сохраняется для всех деталей [3, 7].

Поскольку стратегии «слепой» выборки учитывают только номинальную геометрию детали, постольку большинство из них тяготеет к распределению точек на поверхности с постоянной или почти постоянной плотностью. Поэто-

му наиболее важным параметром, связанным с определением «слепой» выборки является плотность точек, которая непосредственно зависит от размера выборки. В частности, стратегия «слепой» выборки полагается точной, если размер этой выборки достаточно велик для оценки каждого участка поверхности детали с адекватной плотностью измеряемых точек.

Равномерное распределение точек на поверхности гарантирует надежность стратегии выборки, то есть адекватный размер выборки делает маловероятным пропуск критических областей поверхности и обеспечивает точность измерения независимо от ее фактической геометрии. Следовательно, в тех случаях, когда возможно принятие адекватного размера выборки (т.е. когда этот размер не слишком увеличивает трудоемкость измерений) стратегия «слепой» выборки может считаться приемлемым выбором в виду того, что распределение точек по всей поверхности (или всему профилю) гарантирует надежность измерения.

Кроме того, шаблоны распределения точек для стратегий «слепой» выборки легко поддаются определению. Часто стратегии «слепой» выборки определяются только размером выборки, то есть при заданном размере выборки шаблон распределения точек определяется полностью или зависит от каких-либо случайных параметров (например, если распределение точек является случайным, то заданный размер n выборки даст n точек, случайно распределенных на поверхности). По этой причине стратегии «слепой» выборки легко реализуются в системах управления КИМ, и обычно стратегии, основанные на шаблонах равномерного распределения, могут автоматически генерироваться программным обеспечением КИМ.

Наиболее распространенными стратегиями «слепой» выборки, включенными в международные стандарты, являются стратегия равномерной выборки, стратегия случайной выборки, стратегия стратифицированной выборки, стратегия Хэммерсли (Hammersley) и стратегия Холтона-Зарембы (Halton-Zeremba). Примеры двумерного распределения точек с использованием указанных стратегий выборки приведены на рисунке 1.

Первым способом распределения точек является их равномерное размещение по сетке, наложенной на измеряемую поверхность, или вдоль измеряемого профиля (рисунок 1а). В данном случае точки распределяются равномерно, в связи с чем такая стратегия называется стратегией равномерной выборки. Эта стратегия тесно связана с теоремой Найквиста (Котельникова), которая гласит, что, если элемент замеряется посредством равномерной выборки с частотой, которая более чем в два раза превосходит максимальную частоту описывающих его синусоид, то выбираемые точки несут в себе всю необходимую информацию об элементе, то есть элемент может быть точно восстановлен на основе данной выборки. И наоборот, если размер выборки недостаточен, то геометрия элемента не может быть полностью восстановлена, и становится неотличимой от другого элемента, который, в свою очередь, описывается той же выборкой (данное явление известно как алиасинг, т.е. наложение).

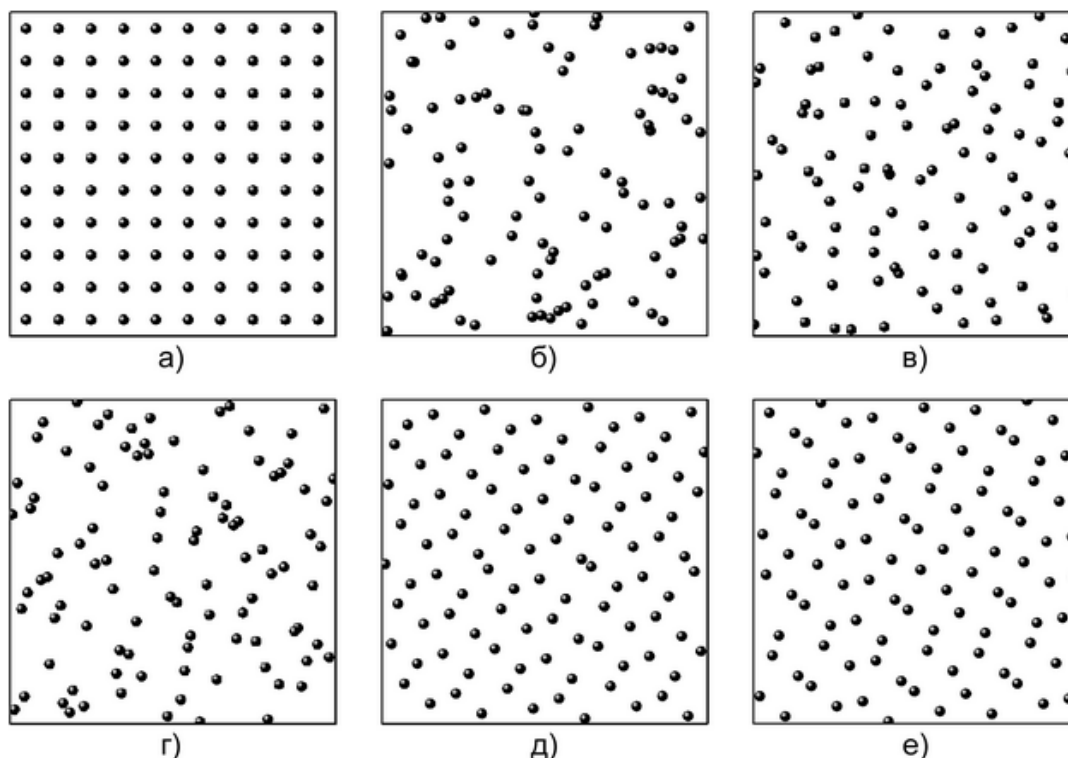


Рисунок 1 – Распределение 100 точек с использованием различных стратегий выборки: а) равномерная, б) случайная, в) стратифицированная, г) стратифицированная методом латинского гиперкуба, г) Хэммерсли, д) Холтона-Зарембы

Если стратегия равномерной выборки по критерию Найквиста является неприемлемой из-за чрезмерного требуемого размера выборки, то для устранения проблем, связанных с использованием равномерной сетки точек, могут быть предложены несколько стратегий. Одной из них является стратегия случайной выборки (рисунок 1б). При ее использовании заданное число точек случайным образом рассеивается в границах измеряемого элемента. Отсутствие необходимости генерации какого-либо шаблона снижает систематическую погрешность, однако это снижение компенсируется увеличением случайной погрешности измерения, потому что, если размер выборки будет недостаточно велик, то стратегия случайной выборки может приводить к появлению почти не покрытых точками областей элемента, в то время как в других областях будет наблюдаться излишняя концентрация точек.

Для устранения неоднородной концентрации точек может использоваться стратегия стратифицированной выборки (рисунок 1в). При ее использовании измеряемый элемент разбивается на несколько (обычно равных) участков, в пределах каждого из которых случайно распределяется некоторое число точек (пропорциональное размерам участка). В литературе, посвященной данной тематике, такая стратегия выборки иногда называется «дрожащей» равномерной выборкой [5].

Вариацией стратифицированной выборки является выборка точек методом латинского гиперкуба (рисунок 1г), целью которой является равномерное

распределение точек в границах рассматриваемой области путем ее деления на равновероятные зоны [4]. Деление осуществляется на основе кривой накопленной вероятности, соответствующей выбранному закону распределения. При этом выборка осуществляется таким образом, чтобы в пределах каждой зоны содержалась единственная случайно расположенная точка. По причине полностью случайной природы используемого шаблона стратегии случайной и стратифицированной выборки немного более сложны в использовании по сравнению со стратегией равномерной выборки.

Избежать дефектов упорядоченных шаблонов без размещения точек в случайных положениях позволяют стратегии, проистекающие из метода Монте-Карло и основанные на так называемых псевдослучайных последовательностях. Возможно, наиболее известной среди них является стратегия Хэммерсли, применяемая для измерения поверхностей. Стратегия выборки на основе последовательности Хэммерсли математически выражается следующим образом. Для выборки, состоящей из n точек, справедливы зависимости:

$$u_i = \frac{i}{n}, \quad v_i = \sum_{j=0}^{k-1} b_{ij} \cdot 2^{-j-1}, \quad i \in \{1, \dots, n-1\}, \quad (1)$$

где u_i и v_i – нормализованные координаты i -й точки (т.е. координаты, которые заданы в диапазоне от 0 до 1, и которые должны быть отмасштабированы для получения фактических координат поверхности);

b_i – бинарное представление индекса i ;

b_{ij} – j -й бит в записи b_i (0 или 1);

k – наименьшее целое число большее или равное $\log_2 n$.

Как следует из приведенных уравнений, заданный размер выборки позволяет однозначно задать стратегию Хэммерсли. Однако, как показано на рисунке 1д, точки распределяются по всей поверхности без какого-либо явно выраженного шаблона, что должно исключать какое-либо взаимодействие с любыми гармониками поверхности или любыми другими ее систематическими проявлениями. Некоторыми исследователями утверждается, что при данном размере выборки, стратегии, основанные на последовательности Хэммерсли, превосходят как стратегии равномерной выборки, так и стратегии случайной выборки для плоскости, цилиндра, конуса и сферы. Они заявляют, что использование последовательности Хэммерсли дает почти квадратичное сокращение числа необходимых точек по сравнению с равномерной выборкой при одном и том же уровне точности.

Похожей стратегией является стратегия Холтона-Зарембы, реализация которой возможна только в том случае, когда размер выборки является степенью числа 2. Ее математическое определение имеет следующий вид:

$$u_i = \sum_{j=0}^{k-1} b_{ij} \cdot 2^{-k-1}, \quad v_i = \sum_{j=0}^{k-1} b'_{ij} \cdot 2^{-j-1}, \quad i \in \{1, \dots, n-1\}, \quad (2)$$

где b'_{ij} равно 1 – b_{ij} , если j нечетно и равно b_{ij} , если j четно.

Есть данные, что стратегия Холтона-Зарембы не только превосходит стратегии равномерной и случайной выборки, но и также превосходит стратегию Хэммерсли в отношении оценки плоскостности [3].

Еще одной многообещающей стратегией выборки является спиральная выборка точек, при использовании которой точки выбираются не вдоль сторон поверхности, а вдоль кривых архимедовой спирали (рисунок 2а) [2]. Благодаря довольно равномерному распределению точек эта стратегия позволяет охватить выборкой всю поверхность при отсутствии больших пропущенных участков в пределах измеряемой области. В зависимости от заданных параметров, форма и размер спирали может легко изменяться. Достоинством спиральной выборки является то, что она позволяет представительно захватить макрорельеф плоской поверхности, полученной фрезерованием, с акцентом на центре детали.

Модификацией данной стратегии при измерении цилиндрических поверхностей является винтовая стратегия выборки, которая часто применяется на практике и заложена в программное обеспечение многих КИМ. При ее использовании точки выбираются на цилиндрической поверхности детали вдоль пространственной винтовой линии (гелисы), ось которой совпадает с осью цилиндра (рисунок 2б). В некоторых случаях данная стратегия позволяет получать лучшие результаты по сравнению с другими стратегиями [1].

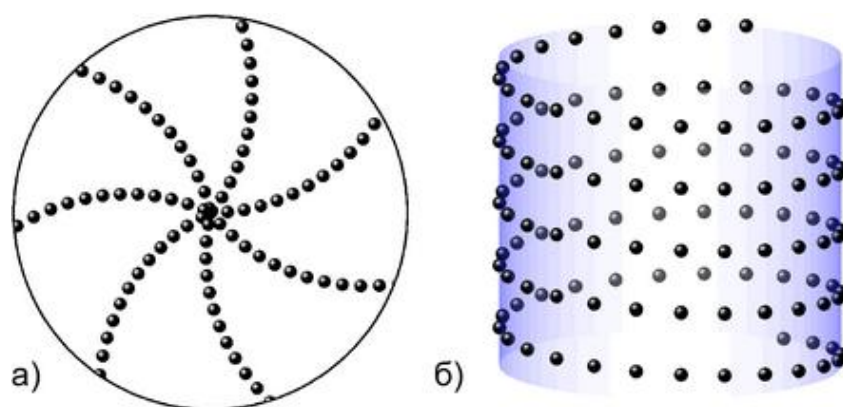


Рисунок 2 – Спиральная (а) и винтовая (б) стратегия выборки точек

Помимо названных стратегий, существуют некоторые технические спецификации ИСО, решающие проблему выборки точек с учетом критерия Найквиста при измерении отклонений формы (в частности, круглости, прямолинейности, плоскостности и цилиндричности); на другие виды отклонений формы эти спецификации в настоящее время не распространяются.

Для оценки поверхностей стандарты предлагают использовать стратегии извлечения профиля [3, 6]. В стратегии извлечения профиля точки не распределяются равномерно по всей поверхности, а группируются в профили (обычно размещенные на поверхности по некоторому шаблону). Подобные стратегии удобны для средств измерения, предназначенных непосредственно для измере-

ния профилей, например, профилометров или КИМ, оснащенных сканирующими измерительными системами. Профильные стратегии могут быть адаптированы и для систем, измеряющих отдельные точки, путем простого группирования точек вдоль профилей. Некоторые предложенные в стандартах шаблоны измерения профилей для плоскости и цилиндра приведены на рисунке 3.

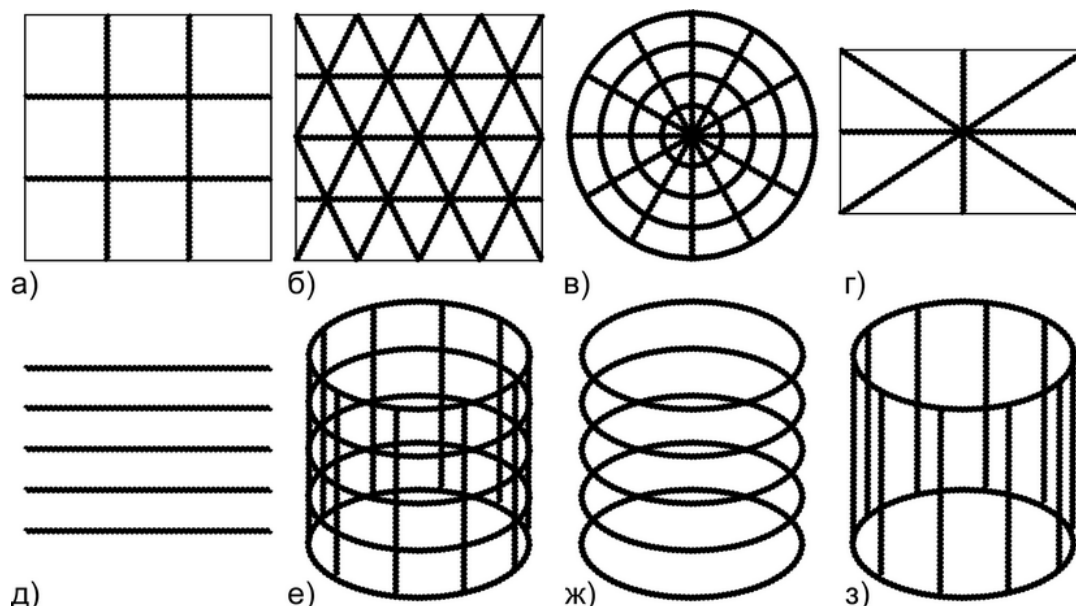


Рисунок 3 – Стратегии извлечения профилей: а) прямоугольная сетка, б) треугольная сетка, в) полярная сетка, г) Юнион Джек, д) параллельные профили, е) птичья клетка, ж) профили круглости, з) образующие

В отличие от стратегий равномерной выборки с низкой плотностью точек, профильные стратегии обеспечивают высокую плотность точек вдоль каждого профиля, что снижает риск попадания измеряемых точек только на вершины или впадины волнообразного профиля, в связи с чем, взаимодействие между стратегией выборки и фактической геометрической погрешностью меньше влияет на неопределенность измерения. Тем не менее, технические спецификации ИСО не дают никаких указаний на то, какое количество профилей необходимо измерять в каждом конкретном случае.

Подводя итог, следует заметить, что общим ограничением любой из рассмотренных стратегий выборки являются некоторые затруднения в ее определении для сложной геометрии. Стратегии «слепой» выборки могут быть легко определены для элементов с простой геометрией, например, прямолинейных профилей, прямоугольных и круглых плоскостей и т.п., но их определение становится затруднительным, когда измеряемым элементом является, например, плоская поверхность пластины с отверстиями или цилиндрическая поверхность с пазом. Наиболее простым решением данной проблемы представляется аппроксимация сложного геометрического элемента элементом с регулярной геометрией, и задание «слепой» стратегии для этого элемента с последующим исключением точек, которые не могут быть измерены. Однако такое решение не

является оптимальным и может снижать эффективность стратегии выборки, что определяет необходимость дополнительных исследований в данном направлении.

Список литературы

- 1 Adamczak, S. An analysis of strategies of form deviations measurements of rotary elements // S. Adamczak, K. Stepień // *Mechanik*. – 2018. – Vol. 92, №2. – P. 113-117.
- 2 Alternate Methods for Sampling in Coordinate Metrology / C. E. Collins [et al.] // *Journal of Engineering Manufacture*. – 2007. – Vol. 221, №6. – P. 1041-1052.
- 3 Colosimo, B. M. Geometric Tolerances: Impact on Product Design, Quality Inspection and Statistical Process Monitoring / B. M. Colosimo, N. Senin. – London: Springer-Verlag London, 2011. – 336 p. – ISBN 978-1-84996-311-4.
- 4 Dige, N. S. Efficient Sampling Algorithm for Optimization under Uncertainty: thesis submitted as partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in industrial engineering / N. S. Dige. – Chicago, 2016. – 68 p.
- 5 Intelligent Sampling for the Measurement of Structured Surfaces / J. Wang [et al.] // *Measurement Science and Technology*. – 2012. – Vol. 23, №8. – Electronic data. – 15 p.
- 6 Lakota, S. Flatness Measurement by Multi-Point Methods and by Scanning Methods / S. Lakota, A. Görög // *Ad Alta: Journal of Interdisciplinary Research*. – 2011. – Vol. 1, №1. – P.124-127.
- 7 Mian, S. H. Analysis and Realization of Sampling Strategy in Coordinate Metrology / S. H. Mian, A. Al-Ahmari, H. Alkhalefah // *Mathematical Problems in Engineering*. – 2019. – Vol. 2019. – P. 1-19.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОТ ПЛОТНОСТИ ИЗМЕРЯЕМЫХ ТОЧЕК

Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Рак Н. П.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

Оренбургский государственный университет

Неотъемлемой составляющей технологического процесса производства машиностроительных изделий является контроль показателей их качества, к которым, в первую очередь, следует отнести их геометрическую точность, характеризующую погрешностями размеров, формы и расположения поверхностей. В настоящее время для контроля этих показателей применяются различные методы и средства, среди которых выгодно выделяются координатные измерения, которые реализуются на практике при помощи координатно-измерительных машин (КИМ) [3].

Измерения называются координатными по той причине, что для оценки точности того или иного параметра точности изделия используются пространственные координаты некоторого количества точек, измеренные на поверхностях изделия контактным или бесконтактным методом. В машиностроении наибольшее распространение получил контактный метод с использованием тактильных датчиков триггерного типа, позволяющих производить дискретное измерение отдельных точек. При таком способе выборки точек точность оценки измеряемых геометрических параметров прямо зависит от числа измеренных точек и шаблона их распределения по измеряемому элементу, т.е. от так называемой стратегии выборки точек.

В настоящее время известны различные стратегии выборки, наиболее обширной группой которых являются стратегии «слепой» выборки, характеризующиеся тем, что выборка точек при измерениях осуществляется «вслепую» в условиях отсутствия какой-либо информации о реальной макрогеометрии измеряемого элемента [2]. Отличительной особенностью подобных стратегий выборки является равномерная (или близкая к ней) плотность измеряемых точек, от которой напрямую зависит точность оценки измеряемого геометрического параметра. В частности, эта зависимость наиболее отчетливо проявляется при оценке отклонений формы поверхностей.

Одним из наиболее распространенных видов погрешностей формы машиностроительных изделий является отклонение от плоскостности их поверхностей, надежная оценка которого на КИМ прямо зависит от числа измеренных точек (плотности точек). В то же время число точек влияет на продолжительность измерений, которая при большом числе точек может стать неприемлемой в данных производственных условиях. В этой связи знание зависимости между плотностью измеренных точек и оценкой уровня погрешности позволяет существенно упростить планирование координатных измерений плоских поверхно-

стей при поиске компромисса между точностью и продолжительностью измерений [1, 4].

Для установления формы этой зависимости была проведен ряд натурных экспериментов, направленных на измерение отклонения от плоскостности поверхности тестовой детали при помощи КИМ модели Wenzel XOrbit 55. Деталь представляла собой стальную прямоугольную призму с размерами 80×80×20 мм, поверхности которой были получены торцевым фрезерованием с обеспечением шероховатости Ra6,3 мкм. Изображение детали приведено на рисунке 1а.

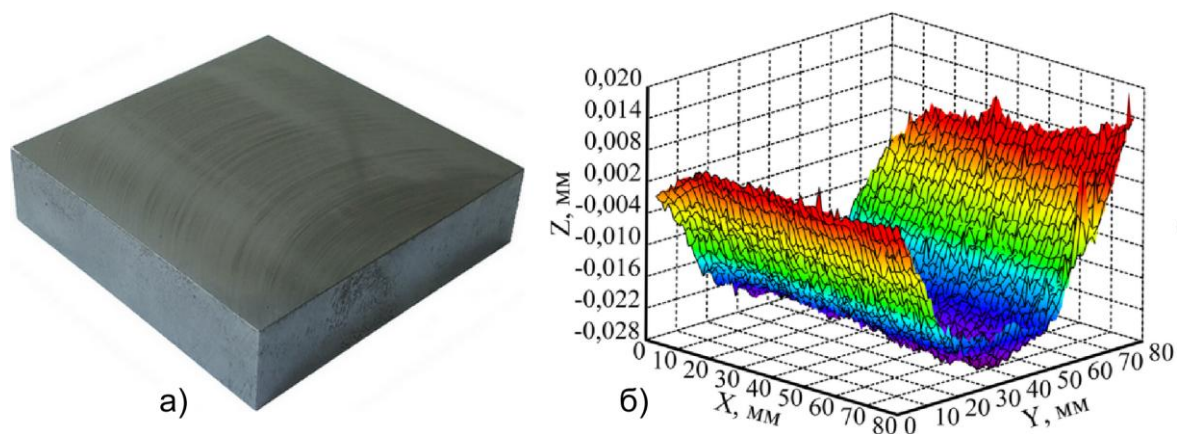


Рисунок 1 – Тестовая деталь (а) и результаты пседосканирования ее поверхности (б)

Экспериментальные исследования, выполненные с использованием данной детали, включали в себя три серии координатных измерений отклонения от плоскостности поверхности с размерами 80×80 мм щупом с диаметром сферического наконечника равного 6 мм. Измерения в каждой их серии производились на основе 12 выборок точек, размер которых определялся квадратами всех целых чисел в диапазоне от 4 до 13, т.е. минимальный размер выборки составлял 4 точки, а ее максимальный размер – 169 точек, что с учетом площади оцениваемой поверхности равной 64 см² обеспечивало изменение плотности точек от 0,063 шт./см² до 2,641 шт./см². При этом шаблон выборки точек в каждой серии был различным и определялся одной из трех стратегий «слепой» выборки, а именно: стратегией равномерной выборки, стратегией выборки на основе последовательности Хэммерсли и стратегией выборки методом латинского гиперкуба. Примеры шаблонов распределения точек для использованных стратегий выборки приведены на рисунке 2.

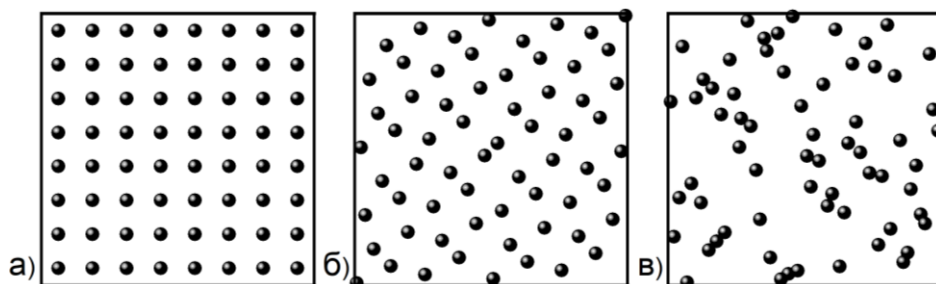


Рисунок 2 – Шаблон распределения 64 точек при использовании стратегии:
а) равномерной выборки; б) выборки методом Хэммерсли, в) выборки методом латинского гиперкуба

Предварительно для оценки фактического отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности выполнено ее псевдосканирование, заключающееся в измерении отклонения при большой ($97,5 \text{ шт./см}^2$) плотности точек, для чего на поверхность накладывалась равномерная квадратная сетка измеряемых точек размером 79×79 шт. Его результаты приведены в виде графика поверхности на рисунке 1б. Окончательная оценка фактического отклонения была принята после цифровой фильтрации «выбросов» и сглаживания высокочастотных отклонений в полученных результатах псевдосканирования. Ее величина в данном случае составила $0,041 \text{ мм}$. Данная величина в дальнейшем использовалась для нормирования результатов всех остальных измерений, т.к. их представление в безразмерной нормированной форме представлялось наиболее удобным для достижения целей проведенного исследования.

Эти результаты представлены на рисунке 3 в виде графиков зависимости нормированного отклонения формы от плотности измеренных точек. Анализ приведенных данных показывает, что изменение величины измеренного отклонения в зависимости от плотности точек имеет явно выраженный характер, который сохраняется для всех трех случаев. При этом результаты измерений, полученные с использованием стратегий Хэммерсли и латинского гиперкуба практически совпадают, в то время как, результаты измерений, полученные с использованием равномерной выборки несколько отклоняются от них при малой плотности измеренных точек. Данный факт можно объяснить тем, что отклонение от плоскостности измеряемой поверхности характеризовалось очевидной вогнутостью (рисунок 1б), в связи с чем точность оценки отклонения прямо зависит от близости выбираемых точек к границам измеряемой поверхности, которая была недостаточной при малых размерах равномерной выборки (что предопределялось используемым шаблоном выборки).

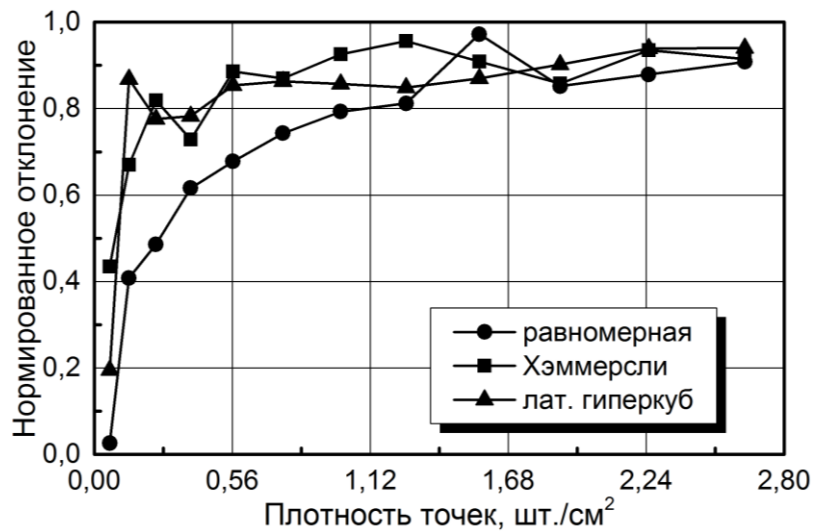


Рисунок 3 – Результаты измерений отклонения от плоскостности, полученные с использованием различных стратегий выборки точек

По этой причине более эффективным представляется дальнейшая математическая обработка результатов, полученных с использованием стратегий Хэммерсли и латинского гиперкуба. Однако стратегия равномерной выборки является в настоящее время наиболее распространенной стратегией «слепой» и выборки и автоматически реализуется в программном обеспечении современных КИМ, в то время как, использование на практике двух других рассматриваемых стратегий выборки сопряжено с определенными сложностями. Из-за этого установление математического выражения зависимости между величиной измеренного отклонения от плоскостности и плотностью точек производилось на основе усреднения трех наборов результатов измерений.

Данная зависимость была формализована средствами программно-математического обеспечения «OriginLab Origin» путем поиска математической модели, корректно аппроксимирующей (качественно и количественно) взаимосвязь между рассматриваемыми параметрами. При этом критериями поиска модели выступали, во-первых, наименьшая возможная погрешность аппроксимации, а, во-вторых, как можно более простое математическое выражение модели, обеспечивающее удобство и простоту практического использования модели. В соответствии с этими критериями была подобрана математическая модель, имеющая следующий вид:

$$\delta = 1 - \left(\frac{0,039}{d} \right)^{0,615} \quad (1)$$

где δ – безразмерное отклонение формы;
 d – плотность измеренных точек, шт./см².

В графическом виде эта модель совместно с усредненными экспериментальными данными представлена на рисунке 4а. Максимальная погрешность аппроксимации, обеспечиваемая моделью, наблюдается для наименьшего раз-

мера выборки (наименьшей плотности точек) и составляет 18,6%. При большей плотности точек погрешность аппроксимации минимизируется и колеблется в пределах от 0,2 % до 4,3 %. Средняя абсолютная погрешность аппроксимации по выборкам всех размеров составляет 4,5 %. Отсюда следует, что подобранная математическая модель демонстрирует приемлемую для практических целей погрешность аппроксимации, и при этом имеет относительно простую форму.

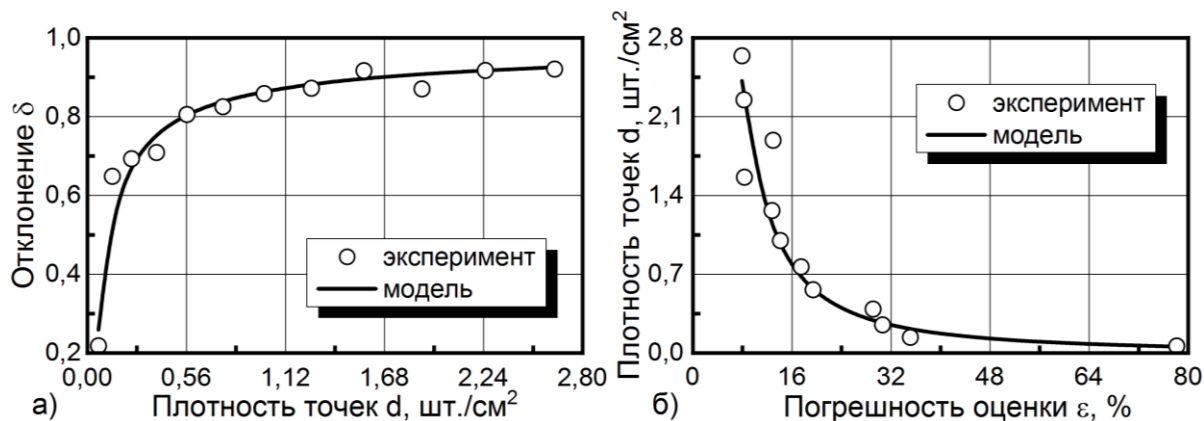


Рисунок 4 – Сравнение экспериментальных и модельных результатов

Кроме того, данная модель является легко инвертируемой, т.е. в ней легко поменять местами зависимую и независимую переменную, что дает выражение следующего вида:

$$d = 0,039 \cdot (1 - \delta)^{\frac{-1}{0,615}} \quad (2)$$

В такой форме модель может быть полезна для определения требуемой плотности измеряемых точек, обеспечивающей заданный уровень точности измерения при оценке отклонения от плоскостности. На практике более удобным представляется определение плотности точек не в зависимости от заданного уровня точности, а в зависимости от погрешности оценки отклонения. В этом случае выражение (2) приобретает еще более простой вид:

$$d = 0,039 \cdot \epsilon^{\frac{-1}{0,615}} \quad (3)$$

где ϵ – безразмерная погрешность оценки отклонения от плоскостности.

Полученная модель совместно с экспериментальными данными представлена на рисунке 4б и демонстрирует хорошую сходимость результатов.

Таким образом, проведенные эксперименты позволили выявить и формализовать зависимость между величиной (погрешностью) оценки отклонения от плоскостности и плотностью измеренных точек при реализации координатных измерений, форма которой с большой долей вероятности будет сохраняться во всех случаях измерений плоских поверхностей, в связи с чем может использоваться для эффективного планирования координатных измерений машиностро-

ительных изделий. Тем не менее, уточнение и верификация полученной зависимости требует проведения дополнительных исследований, что является предметом дальнейших исследований в данном направлении.

Список литературы

1 Глубоков, А. В. Влияние выбора базы для отсчета отклонений от плоскостности на методическую погрешность измерения / А. В. Глубоков, И. О. Тверитнев // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2018. – №1 (23). – С. 45-50.

2 Colosimo, B. M. Geometric Tolerances: Impact on Product Design, Quality Inspection and Statistical Process Monitoring / B. M. Colosimo, N. Senin. – London: Springer-Verlag London, 2011. – 336 p. – ISBN 978-1-84996-311-4.

3 Mian, S. H. New developments in coordinate measuring machines for manufacturing industries / S. H. Mian, A. Al-Ahmari // International Journal of Metrology and Quality Engineering. – 2014. – Vol. 5, №1. – Electronic data. – 10 p.

4 Raghunandan, R. Selection of sampling points for accurate evaluation of flatness error using coordinate measuring machine / R. Raghunandan, P. Venkateswara Rao // Journal of Materials Processing Technology. – 2008. – Vol. 202, Issues 1-3. – P. 240-245.

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ CAD-МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ОБРАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент, Халиуллина И. Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Оренбургский государственный университет

Современный этап развития машиностроительного производства характеризуется активным внедрением в него различных компьютерных технологий. Ядром этих технологий выступает триада CAD/CAM/CAE, применение которой позволило поднять производство машиностроительных изделий на качественно новый уровень. При этом ключевую роль здесь играют CAD-технологии, отвечающие за формирование геометрии изделия на этапе его автоматизированного проектирования, т.к. именно геометрия изделия определяет все последующие этапы его жизненного цикла. Автоматизация проектирования предполагает использование CAD-модели изделия, которая затем используется для генерации управляющих программ для оборудования с ЧПУ в CAM-системах, проверочных расчетов и оптимизации конструкции изделия в CAE-системах и подготовки различной конструкторской и технологической документации. Такой традиционный подход к проектированию, начинающийся с подготовки CAD-модели и заканчивающийся изготовлением готового продукта принято называть прямым проектированием [4].

Однако в практике производственной деятельности нередко встречаются и обратные случаи, когда отправной точкой процесса проектирования выступает уже существующее изделие. Такие случаи имеют место, например, при насущной необходимости замены изношенных и поврежденных частей покупного технологического оборудования, которые по тем или иным причинам более недоступны для приобретения в условиях отсутствия какой-либо сопровождающей их конструкторско-технологической документации. Сюда же можно отнести случаи, когда необходимо зафиксировать произвольные изменения в геометрии доступной CAD-модели изделия, получаемые на основе ее инженерного анализа в CAE-системах (связанные, например, с топологической оптимизацией деталей или моделированием процессов пластического деформирования). Данный подход к проектированию, обусловленный необходимостью восстановления цифрового описания изделия, принято называть обратным проектированием (реверсивным инжинирингом) [1-4].

Основной проблемой процесса обратного проектирования является оцифровка геометрии изделия, которая традиционно осуществляется при помощи оптических 3D-сканеров в их связке со специализированным программным обеспечением для обработки результатов сканирования. Эти результаты представляют собой, так называемое, облако точек высокой плотности, которое при помощи специальных программных алгоритмов, реализованных в ориентированных на обратное проектирование CAD-системах или соответствующих мо-

дулях универсальных CAD-систем, преобразуется в поверхностную или твердотельную модель изделия. Во многих случаях применение подобных сканирующих систем экономически невыгодно, т.к. современная рыночная стоимость 3D-сканеров, обеспечивающих приемлемую точность сканирования, достаточно высока, в связи с чем их использование может приводить к отрицательному экономическому эффекту при единичном производстве изделий. Это вынуждает производителей искать альтернативные подходы к обратному проектированию [2,4].

Одним из таких подходов представляется использование более дешевой и распространенной координатно-измерительной техники, оснащенной измерительными системами с тактильными датчиками триггерного типа, в сочетании с CAD-системами, имеющими в своем составе развитый инструментарий для работы с поверхностной геометрией [2,3]. Несмотря на то, что основной задачей координатных измерений в машиностроении является контроль геометрической точности изделий, они благодаря своему принципу реализации могут успешно применяться и для восстановления CAD-геометрии объектов, ограниченными поверхностями простой геометрической формы (плоскими, цилиндрическими, коническими и т.д.), что справедливо для большинства деталей машин. Названный подход может быть проиллюстрирован на примере процесса восстановления твердотельной CAD-модели для изношенного пуансона в составе пресс-формы для изготовления пластиковых фитингов, фотография которого приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Исходный объект (пуансон), для которого производилась реконструкция CAD-модели

Данный процесс включает в себя несколько этапов, основными из которых являются:

- сбор данных, характеризующих исходную геометрию изделия (измерение геометрических элементов изделия);
- восстановление поверхностей, ограничивающих CAD-модель изделия;
- редактирование восстановленных поверхностей CAD-модели изделия;
- построение и редактирование твердотельной CAD-модели изделия.

На этапе сбора данных исходная геометрия измерялась на координатно-измерительной машине (КИМ) Wenzel XOrbit 55 при помощи тактильного дат-

чика триггерного типа TP200 (фирмы Renishaw). Целью являлось построение в программном обеспечении КИМ замещающих геометрических элементов, соответствующих реальным поверхностям модели (плоским, цилиндрическим, коническим и сферическим) по координатам некоторого числа точек, выбранных на каждой реальной поверхности. Выбор точек производился в ручном режиме при помощи щупа с диаметрами сферического наконечника 6 и 2 мм (меньший диаметр использовался для измерения мелких элементов детали). При этом деталь устанавливалась на рабочем столе КИМ и удерживалась в заданном положении под собственным весом благодаря достаточно большой массе (около 22 кг). Поскольку измерение всех геометрических элементов детали с одной установки не представлялось возможным, постольку в процессе измерения были задействованы две установки, в каждой из которых использовалась одинаково заданная система координат детали. Одинаковая система координат в дальнейшем обеспечивала беспроблемное комбинирование результатов измерения, полученных при разных установках детали.

Далее измеренные геометрические элементы в виде отдельных точек, сохраненных в нейтральный формат IGES, импортировались в CAD-модуль системы «Siemens NX». Импорт в указанном формате обеспечивал автоматическое группирование точек (по признаку принадлежности к измеренному геометрическому элементу), необходимое для последующего построения поверхностей модели. Однако из-за использования двух наборов точек (полученных с двух установок детали) некоторые группы точек были рекомбинированы вручную. Полученные в конечном итоге результаты импорта представляли собой сильно разреженное облако точек, приведенное на рисунке 2.

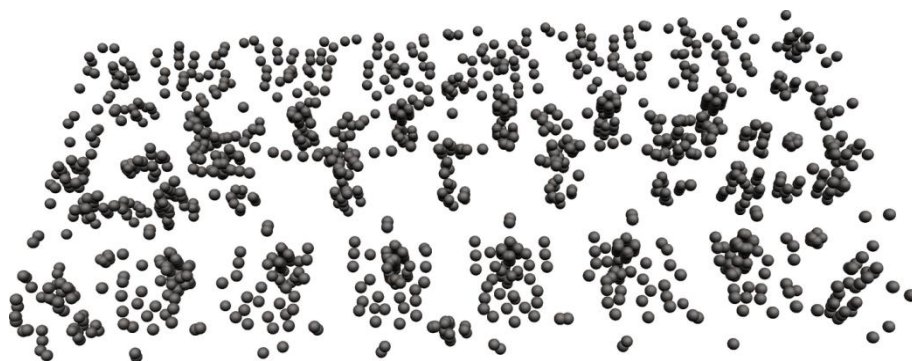


Рисунок 2 – Точки, полученные в результате измерения детали на КИМ

На следующем этапе полученные группы точек были использованы для восстановления поверхностей модели путем аппроксимации каждой группы простейшей математической поверхностью (плоскостью, цилиндром или конусом) при помощи специальной программной функции, предусмотренной в «Siemens NX» среди инструментов для работы с поверхностями. Алгоритм аппроксимации основывался на методе наименьших квадратов и позволял накладывать геометрические ограничения на создаваемые поверхности. В данном случае для плоских поверхностей при их создании ограничивались направления их нормалей, а для цилиндрических и конических поверхностей ограничива-

лись направления их осей, которые совмещались с соответствующими направлениями системы координат детали. Результат восстановления поверхностей на группах точек приведен на рисунке 3.

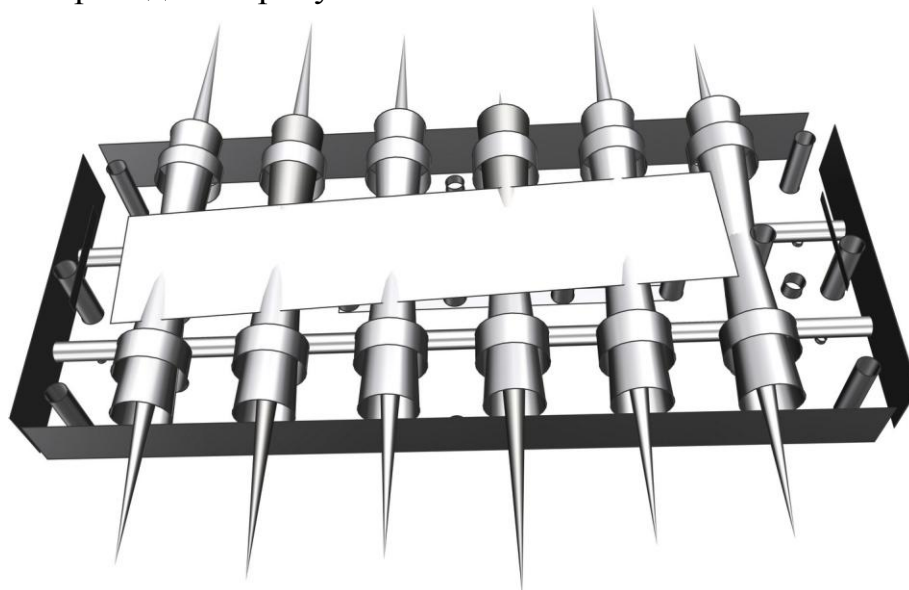


Рисунок 3 – Исходные восстановленные поверхности модели

Далее полученные поверхности были подвергнуты редактированию, необходимому для оформления окончательных границ детали. Это редактирование включало обрезку, удлинение/укорочение, сшивку и коррекцию положения поверхностей, а также построение дополнительных поверхностей на основе уже существующих. Все эти операции выполнялись при помощи соответствующих программных инструментов «Siemens NX». В результате редактирования был сформирован набор связанных и согласованных друг с другом поверхностей, образующих замкнутый объем, в том виде, как это показано на рисунке 4.

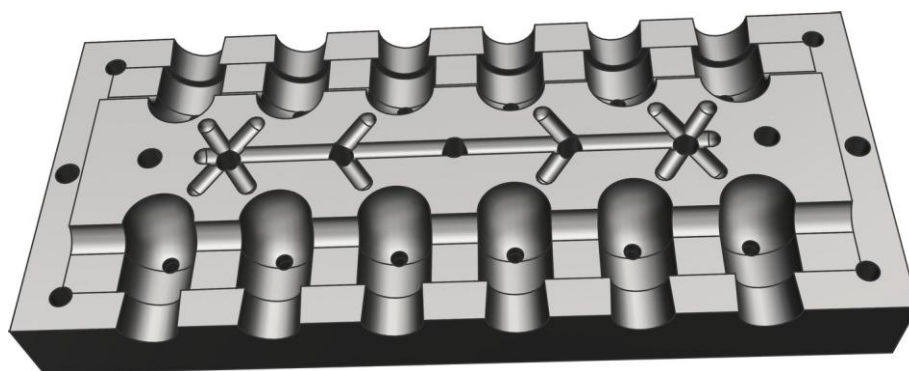


Рисунок 4 – Конечный результат редактирования восстановленных поверхностей модели

В завершение процесса построения CAD-модели полученные поверхности сшивались в единое целое, что обеспечивало формирование твердотельной геометрической модели детали. Для приведения сформированной модели к своему окончательному виду она дополнялась мелкими конструктивными элемен-

тами (фасками, округлениями и т.п.), размеры которых выбирались в приблизительном соответствии реальной геометрии детали, т.к. они не измерялись ввиду их незначительности для выполнения функционального назначения детали. Все это в конечном итоге позволило получить твердотельную CAD-модель детали, пригодную для дальнейшей разработки необходимой конструкторской документации.

Описанная разработка показывает, что предложенный метод восстановления CAD-модели детали обеспечивает успешное достижение поставленной цели обратного проектирования, хотя и имеет достаточно высокую трудоемкость. Однако, очевидно, что его трудоемкость может быть снижена на основе отказа от использованной в данном случае методики граничного представления геометрии модели (Boundary Representation) и переходу к использованию конструктивной блочной геометрии (Constructive Solid Geometry). Этот переход требует более детальной проработки последовательности восстановления модели и является темой дальнейших практических изысканий в данной области исследований.

Список литературы

- 1 Каменев, С. В. Применение методов обратного проектирования в цифровом прототипировании машиностроительных изделий [Электронный ресурс] / С. В. Каменев, И. Р. Халиуллина // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием). – Оренбург: ОГУ, 2020. – С. 585-590. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/article_all/118701_20200226.pdf.
- 2 Adate, P. Review on study of Reverse Engineering in Mechanical / P. Adate, A. Pandhare // proceedings of International Conference on Ideas, Impact and Innovation in Mechanical Engineering (ICIIME 2017) / Pune, 2017. – Volume 5, Issue 6. – P. 464-470.
- 3 Raja, V. Reverse Engineering: An Industrial Perspective / V. Raja, K. J. Fernandes. – London: Springer-Verlag, 2008. – 242 p. – ISBN 978-1-84628-855-5.
- 4 Reverse engineering modeling methods and tools: a survey / F. Buonomici [et al.] // Computer-Aided Design & Applications. – 2018. – Vol.15, №3. – P. 443-464.

ИНТЕГРАЦИЯ САПР ДРОБИЛКИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

**Кишкилев С.В., Сергеев А.И., д-р. тех. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В современных экономических условиях требуются новейшие подходы технико-экономических обоснований как предприятий так и производств, таких как техническое перевооружение, реструктуризации, реконструкции действующих. Учитывая сегодняшнюю ситуацию в экономике Российской Федерации, необходимо развитие предприятий не путём создания новых производств. В процессе уменьшения объемов производства, к предприятиям всех отраслей, увеличиваются накладные расходы, удельные энергозатраты, себестоимость готовой продукции, что ведет к росту оптовой стоимости выпускаемой продукции, снижению конкурентоспособности и как следствие потере рынка [1]. Что является основной причиной кризиса в промышленности.

Выходом из сложившейся ситуации может быть реструктуризация предприятий, совмещенная с техническим перевооружением.

Процесс измельчения применяется в химической, пищевой, строительной промышленности. Достоинство данного процесса состоит в его непрерывности, позволяющей увеличить производительность, что позволит решить проблему вариативности производства. Процесс измельчения включает в себя процессы, такие как смешивания, истирания, просеивание через сита для придания сырью определенной формы и объема [2]. Высокие показатели эффективности процесса измельчения достигаются при рационально выбранной конструкции дробилки, оптимальных технологических режимах и применении шоковой заморозки сырья в процессе измельчения.

Однако в данное время недостаточно работ, которые бы разбирали процесс измельчения, с учетом изменения физико-механических, структурно-механических свойств перерабатываемого сырья. Математического аппарата и конструкции криоизмельчителя не создано.

Для постановки цели дальнейшего проектирования программного обеспечения для автоматизированного проектирования (АП) дробилок, необходимо провести литературный анализ существующих технологий проектирования в пищевой промышленности.

Анализ литературных источников показал, что большая часть исследовательских трудов в области АП посвящена отдельным компонентам систем автоматизации проектирования (САПР), проектированию и совершенствованию математических моделей, осуществления алгоритмов, разработке баз данных и т.д. [3].

Также часть исследований посвящены особенности формирования и реконфигурации архитектуры САПР и АП.

Таким образом, система автоматизированного проектирования дробилки, построенная с учетом приведенного исследования функций, структура и схемы отношений базы данных, позволит производить инженерные расчеты в автоматизированном режиме и повысить качество принимаемых проектных решений.

На основании технического расчёта оборудования разработано программное средство проектирования конструкции роторной дробилки в среде КОМПАС-3D.

Для обеспечения оптимальной производительности роторной дробилки, степени измельчения зернового сырья, а также ее основных энергетических показателей.

Определим длину и высоту рабочей камеры дробилки.

Для обеспечения минимальной массы корпуса дробилки и минимальной площади поверхности рабочей камеры выберем минимально допустимую скорость вращения ротора, которая обеспечит измельчение зернового материала массой 1,5 – 2 кг до крупности 1,8 – 2,6 мм.

На основании экспериментальных данных принимаем скорость минимальную вращения ротора дробилки $\omega = 4400$ об/мин, которая обеспечит скорость лопасти рабочего органа $v_m = 19,71$ м/с и скорость воздушно-продуктового слоя $v_{cl} = 10,52$ м/с. При такой скорости плотность продукто-воздушного слоя будет равняться $\rho = 1072,63$ Кг/м³.

Далее разрабатываем программный код для создания детали в САПР КОМПАС-3D.

```
private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
    // Проверяем наличие объекта Компас (KOMPAS.Application.5) в
памяти:
    {
        if (kompas == null) // Если отсутствует - создаем объект
        {
            Тип t = Type.GetTypeFromProgID("KOMPAS.Application.5");//
            kompas = (KompasObject)Activator.CreateInstance(t);
            //Создаем экземпляр указанного типа, используя конструктор, который
наиболее полно соответствует указанным параметрам.
        }
        if (kompas != null) // Если присутствует. активируем
        {
            kompas.Visible = true;//делаем видимым
            kompas.ActivateControllerAPI();// определяем объект
            doc3 = kompas.Document3D();// получаем объект документа
            doc3.Create(); // создаем документ
        }
        // Заполняем базовые свойства
    }
}
```

```

doc3.author = "автор ";
doc3.fileName = @Directory.GetCurrentDirectory() + "disk.m3d";
doc3.drawMode = 3;
doc3.perspective = true;
ksPart iPart = (ksPart)doc3.GetPart((short)Part_Type.pTop_Part); // получаем
интерфейс нового компонента
    // получаем интерфейс базовой плоскости XOY
    // 1-интерфейс на плоскость XOY
ksEntity iSketch = (ksEntity)iPart.NewEntity((short)Obj3dType.o3d_sketch);
    // Получим интерфейс свойств эскиза
ksSketchDefinition iDefinitionSketch = (ksSketchDefini-
tion)iSketch.GetDefinition();
    //Задаем параметры в интерфейсе свойств эскиза
    //Задаем базовую плоскость XOY
ksEntity planeXOY = (ksEnti-
ty)iPart.GetDefaultEntity((short)Obj3dType.o3d_planeXOY);
iDefinitionSketch.SetPlane(planeXOY);
iDefinitionSketch.angle = 90; // повернем эскиз на 90 град.
    //Создаем эскиз
iSketch.Create();
    //Задаем 2D объект эскиза. Получаем доступ к редактированию эскиза.
    //Свойство BeginEdit открывает доступ к автоматизированному редакти-
рованию эскиза.
ksDocument2D iDocument2D = (ksDocu-
ment2D)iDefinitionSketch.BeginEdit();
    // Получаем и вычисляем необходимые параметры для построения дис-
ка
float diam, rad;
diam = float.Parse(textBox34.Text);
rad = diam / 2;
float dept = float.Parse(textBox36.Text);
//Если радиус 0 -определяем незаполненный параметр
if (rad == 0)

```

Получаем технический расчёт дробилки. На рисунках 1-3 приведены экранные формы разработанной программы.

Технический расчет разработанного оборудования

Расчет базовых параметров Расчет ротора и вращающего момента Расчет энергоемкости процесса измельчения Расчет рабочего диска

m	1,5	Производительность зерна (Q зер)	0
t	60	Плотность жидкого азота	0
Vp min	0	Приведенная теплоемкость зерна	0
Плотн	0	Начальная температура зерна	0
V раб. камеры	0,0056	Конечная температура зерна	0
D	0,31		
H	0,15		
Q	0,025		

Расчет Построить модель Выход

Рисунок 1 - Вкладка расчета базовых параметров

Где входные параметры: m - масса, t - время, V - объём рабочей камеры, D - диаметр ротора, H - высота ротора, Q - производительность.

Технический расчет разработанного оборудования

Расчет базовых параметров Расчет ротора и вращающего момента Расчет энергоемкости процесса измельчения Расчет рабочего диска

Кoeffициенты полинома	Радиус внутренней границы воздушно-продуктового слоя	0,080
Vc 0	Начальный радиус лопасти рабочего органа	0
Vr 0	Сила закручивания подвижной насадки	2
tc 0	Расстояние движения продукта вдоль боковой стенки измельчителя	4
psi1 NaN	Вращающий момент на лопастях измельчителя в воздушно-вихревой зоне	0
psi2 NaN	Плотность воздуха	1,2
M1 2	Кoeffициент гидравлического сопротивления молотка ротора в вихревой зоне xi1л	0
M2 3	Кoeffициент гидравлического сопротивления молотка ротора в воздушно-продуктовой зоне xi2л	0
Mc 8	гвн	0
Mr 13	га	10
N 26	зл	0
Угловая скорость 2	Высота лопасти	0
	Количество лопастей	0
	Радиус ротора измельчителя	0
	Производительность жидкого азота	0
	Теплоемкость азота	0
	КПД установки	0

0 2400,000095367 0 0 0 0

Расчет Построить модель Выход

Рисунок 2 – Вкладка расчета ротора и вращающего момента

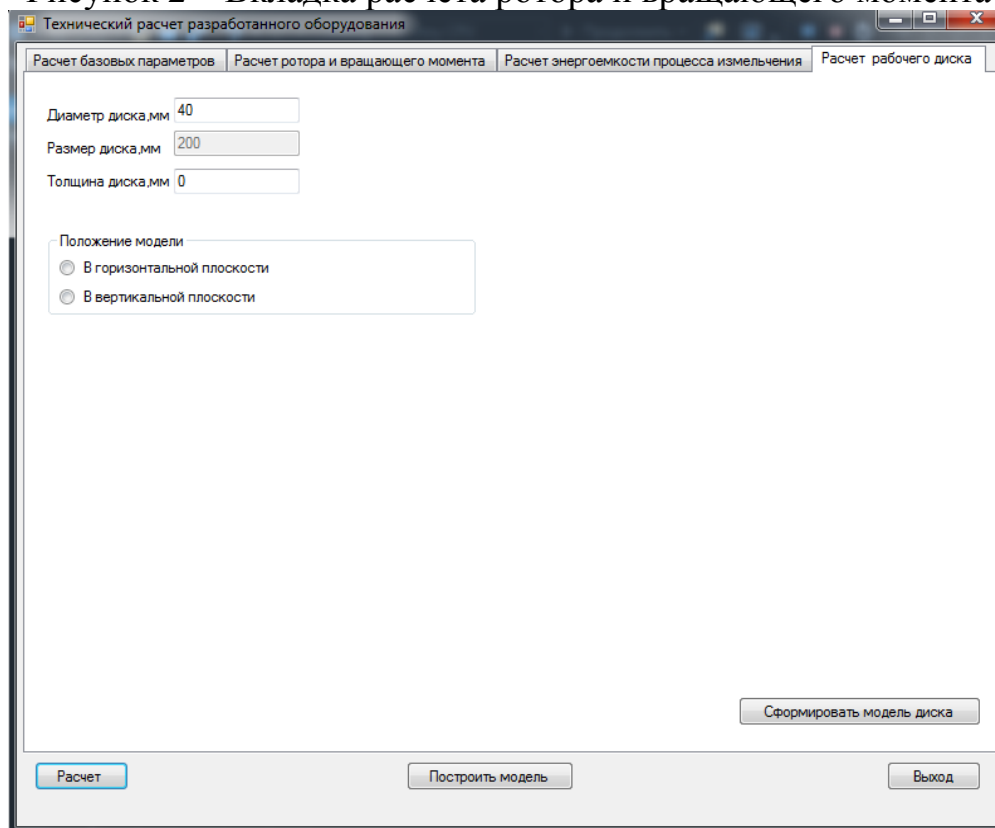


Рисунок 3 – Вкладка расчета рабочего диска

Автоматизация проектирования дробилок является достаточно сложной технической задачей, включающей в себя, помимо всего прочего, разработку специализированного программного и аппаратного обеспечения. В статье рассмотрена степень разработанности темы исследования, разработана программа технического расчёта роторной дробилки, её основных составных частей и построения некоторых элементов в КОМПАС-3D.

Список литературы

1. Морозов, Д.И. Автоматизированное построение трехмерной параметрической модели для проектирования передачи внутреннего зацепления механизма измельчителя // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2010. – № 3. – С. 87-90.
2. Пищухин, А. М. Архитектура системы автоматизации проектирования шнековых экструдеров // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2010. – № 4. – С. 128-134. – 7 с.
3. Титов, В.А. Программно-математический комплекс для создания специальных зубчатых передач измельчителей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – № 6. – С. 246-251.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Коннов А.Л., канд. техн. наук, доцент, Дурягин А.С.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В настоящее время системы автоматизированного контроля электроэнергии получили широкое применение и распространение. Каждая система создается для своих уникальных конкретных потребностей, области применения, эксплуатационных факторов и прочих причин. Множество систем в свою очередь приносят конкуренцию на рынок спроса, поэтому в каждую систему пытаются включить большое количество функций для удовлетворения потребностей потребителя. Результатом таких модернизаций является минимизация человеческого фактора в работе системы.

Целью исследования является разработка алгоритма работы современной системы автоматизированного контроля электроэнергии. Любая система автоматизированного контроля электроэнергии работает по своему собственному оригинальному алгоритму, который закладывается еще на этапе проектирования системы в зависимости от технического задания, в котором прописывается заказчиком что это система должна уметь делать, чем обладать для обеспечения потребностей потребителя и соответствующего функционирования, а также что может быть использовано в качестве материала ее создания и на какой основе она должна быть создана.

Подсистема контроля и учета энергии представляет собой сложный механизм в основе которого лежат базы данных, которые обновляются, сохраняются, систематизируются и анализируются в соответствии с данными получаемыми с различных единиц учета или же вносимыми пользователем. Структурная схема такой подсистемы представлена на рисунке 1.

Подсистема контроля и учета может работать в нескольких режимах. Каждый режим имеет свои функции и возможности. С целью удобства каждому режиму работы присваивается свой индивидуальный номер или же название.

Первый режим работы включает в себя автоматический сбор данных, сохранение и их систематизацию при определенном заданном в программе условии. Например, таким условием может считаться какое-либо определенное число месяца. Также в этом режиме ежемесячно происходит сбор показаний с приборов учета и внесение их в базу данных. Структурная схема данного режима работы представлена на рисунке 2.

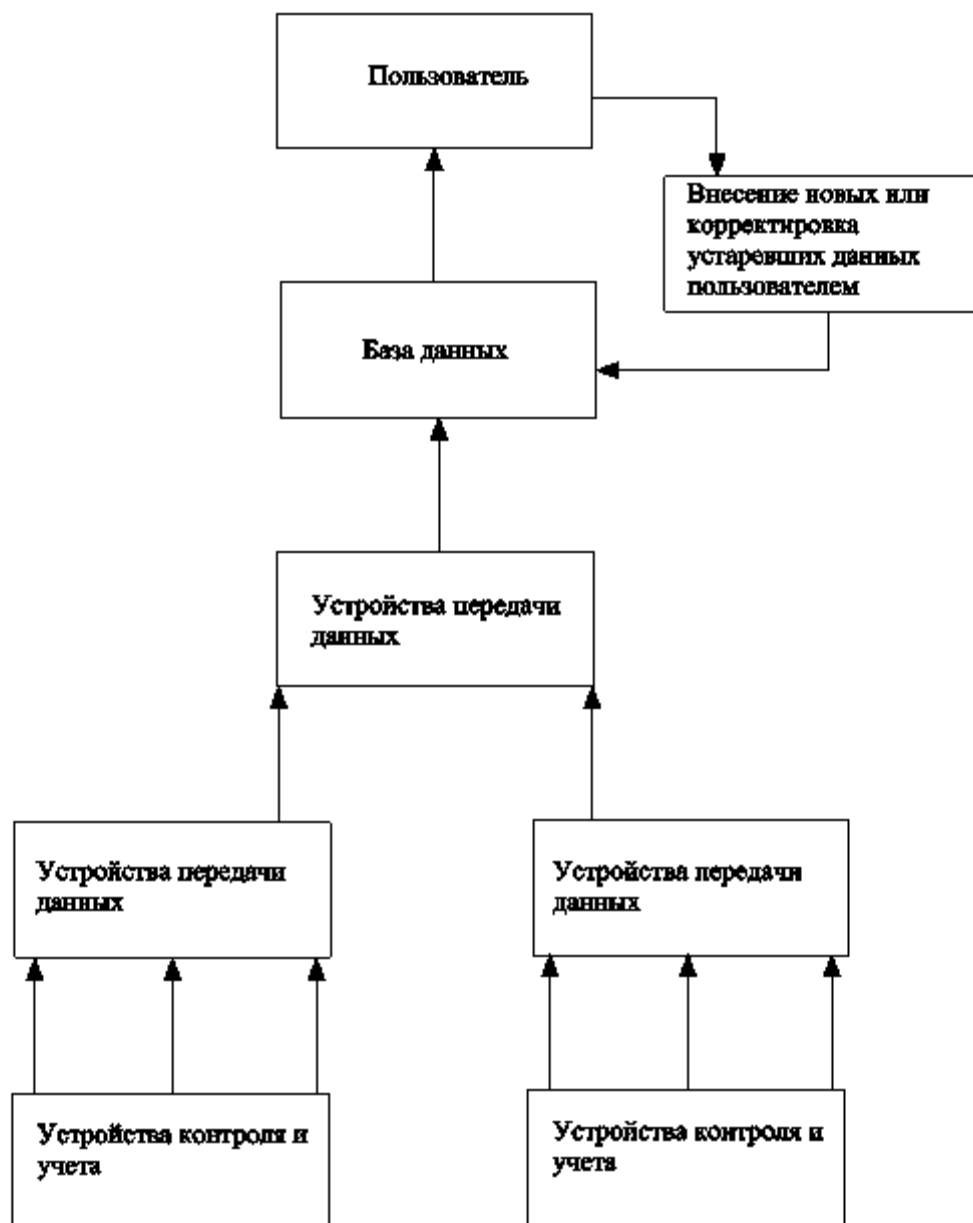


Рисунок 1 – Структурная схема подсистемы контроля и учета электроэнергии

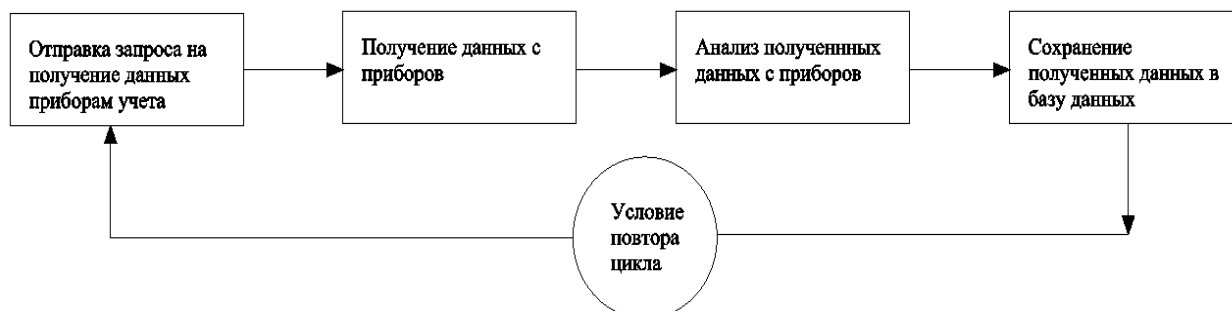


Рисунок 2 – Структурная схема автоматического периодического сбора данных

Второй режим работы предназначен для выгрузки данных с объекта или группы объектов пользователем в случае, когда пользователю необходимо получить данные за определенный период времени когда это не входит в условия работы первого режима работы системы. Структурная схема данного режима работы представлена на рисунке 3.

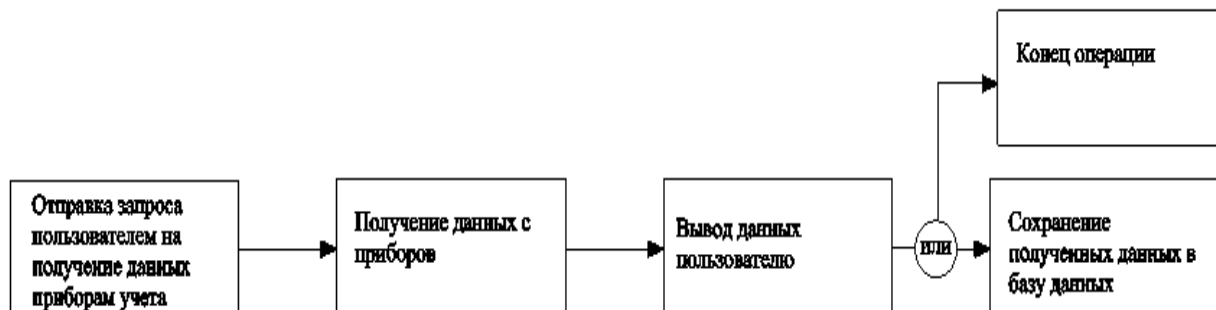


Рисунок 3 – Структурная схема пользовательского сбора данных

В третьем режиме работы выполняется автоматический расчет стоимости предоставляемых услуг по тарифу за промежуток времени. В данном режиме функционирования система выбирает два последних показания, обязательно полученных с помощью первого режима работы, из последнего вычитает предпоследнее и разность этих показаний перемножает на стоимость услуги, также система при подсчете стоимости должна учесть задолженность которую потребитель должен на этот период, если она у него есть. Структурная схема данного режима работы представлена на рисунке 4.

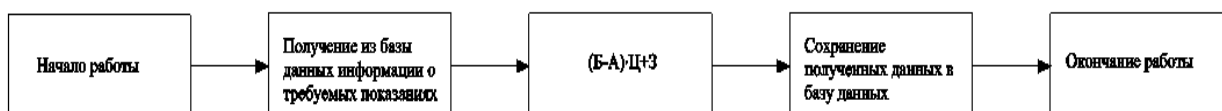


Рисунок 4 – Структурная схема расчета стоимости по тарифу

$$(Б-А) \cdot Ц + З$$

где Б-последнее показание, А-предпоследнее показание, Ц-цена данной услуги, З- задолженность потребителя на данный период времени.

Четвертый режим работы программы представляет собой ситуацию когда пользователь программы должен внести в базу данные о новом потребителе или же корректировать данные о потребителе при их изменении, в этом случае пользователь не только заполняет базу данных, но и также настраивает систему для корректного использования новых данных.

Из всего выше приведенного выстраивается алгоритм работы системы автоматизированного контроля и учета энергии. Алгоритм работы системы представляет собой взаимосвязанную структуру обмена данными между базой данных и пользователем. В свою очередь база данных не только пополняется за счет данных внесенными пользователем, но и также за счет программного

обеспечения. Программное обеспечение не только позволяет работать с базой данных, но и также позволяет базе данных автоматически получать данные с приборов учета которые установлены на границе баланса потребления. В тоже время из базы данных при запросе от пользователя можно получать данные о показаниях приборов в определенный период времени необходимый пользователю. Если приборы учета позволяют не только замерять показания отпущенной энергии, но и другие параметры, например частоту, напряжение, ток то при запросе от пользователя система может считывать и выводить пользователю эти параметры. Также при определенном запросе от пользователя система выполняет расчет стоимости за предоставляемые услуги потребителю.

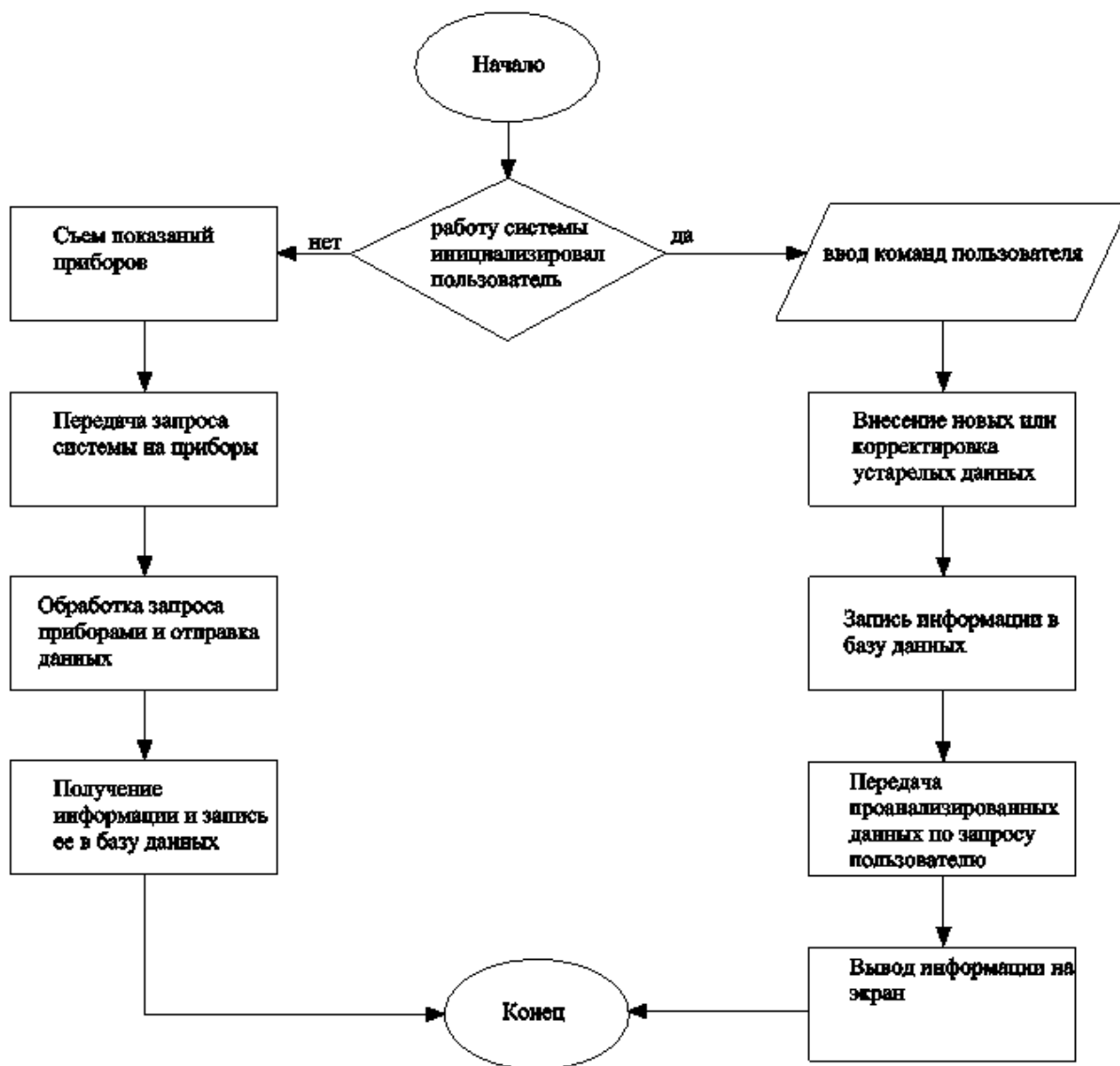


Рисунок 5 – Схема алгоритма работы автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии

В заключении всего сказанного хотелось бы отметить, что необходима доработка, усовершенствование автоматизированной системы, с целью повышения эффективности ее работы.

Список литературы

1. Е.С. Семенистая, И.Г. Анацкий, Ю.А. Бойко Разработка программного обеспечения автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов и воды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-programmnogo-obespecheniya-avtomatizirovannoy-sistemy-kontrolya-i-ucheta-energoresursov-i-vody/viewer>.
2. Программное обеспечение АСКУЭ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nforceit.ru/napravleniya/programmnoe-obespechenie-askue/>.
3. Программное обеспечение АСКУЭ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ackye.ru/activities/programmnoe-obespechenie-askue-aiis-kue/>.
4. Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства [Электронный ресурс]: сборник материалов; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2020 – 230 с.

О СРЕДСТВАХ АВТОМАТИЗАЦИИ САМОХОДНЫХ ПОЛЕВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

**Коннов Д.И., Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Одной из базовых отраслей в экономике является сельское хозяйство. Автоматизация в сельском хозяйстве является ключевым фактором развития отрасли, так как без нее не будет повышения собираемого урожая, а также роста ВВП страны в целом.

На примере обработки сельскохозяйственных угодий гербицидами, жидкими минеральными удобрениями, а также различными ядохимикатами, можно увидеть необходимость применения автоматизированных систем в данной отрасли.

Чтобы производить сельскохозяйственную продукцию было выгодно, необходимо чтобы сам технологический процесс был выгоден и целесообразен для предпринимателя. Применение автоматизированных технических средств, решает эту проблему.

Для решения проблемы малого объема всходов, низкого урожая и высокого уровня сорняков-вредителей в посевах, необходимо равномерно вносить определенное количество удобрений, химических препаратов и ядохимикатов на обрабатываемую территорию.

Для этого применяются самоходные машины, прицепные и навесные опрыскиватели.

Данные агрегаты объединяет одна общая черта – в них присутствуют различные автоматизированные устройства и системы, решающие различные проблемы в сельском хозяйстве.

Любые опрыскивающие установки, самоходные машины и другие технические средства подобного рода объединяет набор следующих технических элементов (Рисунок 1):

- 1) Наличие колесной пары, двух, четырех, либо шестиколесное устройство, с несколькими ведущими мостами.
- 2) Присутствие рамы опрыскивателя, с автоматизированной системой увеличения колеи данного устройства прямо из кабины.
- 3) В продвинутых автоматизированных системах, присутствует гидравлическая система управляющая мембранно-поршневым насосом, механизмом раскладывания штанг и регулировкой уровня установки относительно обрабатываемой поверхности.
- 4) Наличие большой емкости для хранения рабочей жидкости, а также присутствие миксера для смешивания готового раствора.
- 5) Крайне необходима система химостойких шлангов и нержавеющей трубопроводов для циркуляции рабочей жидкости по системе.

6) Наличие устройств для распыления – форсунок, с различной величиной получаемого аэрозоля и разным количеством сменных насадок.

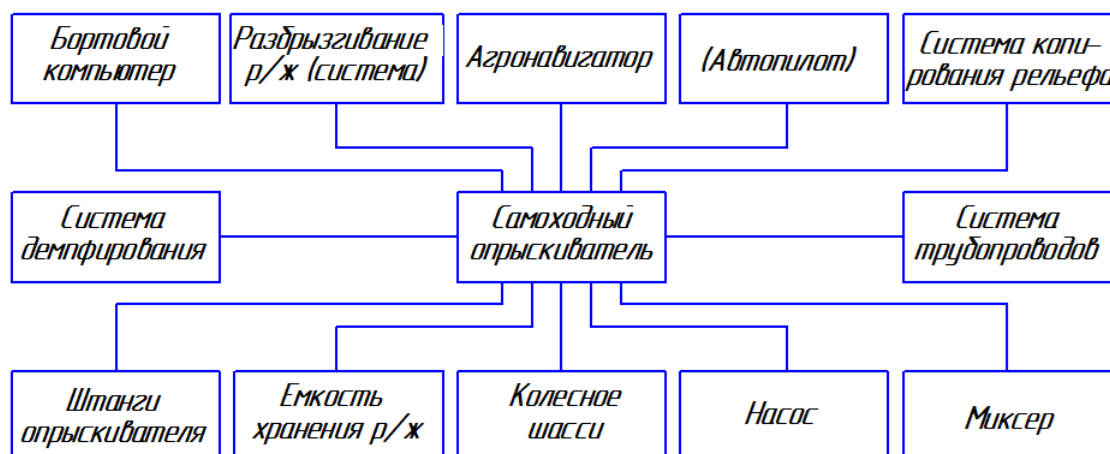


Рисунок 1 – Составные части опрыскивателя

7) Присутствие бортового компьютера, являющегося основным устройством и мозгом опрыскивателя, данный прибор контролирует количество вносимых рабочих жидкостей через систему форсунок в почву. В ранних моделях опрыскивателей, компьютер комплектовался датчиком скорости, устанавливаемым на колесе опрыскивателя, он помогал водителю контролировать скорость перемещения при заданной норме распыления жидкости.

8) Присутствие агронавигатора и системы GPS. Данная функция является передовой, так как позволяет без непосредственного участия человека строить маршрут на поле. Водителю только нужно объехать предполагаемую для обработки территорию по контуру. Система сама строит маршрут в данной области и указывает с какой скоростью двигается опрыскиватель по полю. Если водитель превышает рекомендуемую скорость или же занижает её, то агронавигатор совместно с бортовым компьютером регулируют норму выдаваемой через форсунки жидкости.

9) Необходима система посекционной, либо поштучной блокировки форсунки совместно с отсечным устройством, при прохождении по уже обработанной территории, данная система применяется чтобы уберечь посевы от ожогов, а также чтобы обработка была экономически целесообразна. Этой системой управляет агронавигатор опрыскивателя.

10) Наличие штанг различных модификаций, для максимального захвата обрабатываемой области. Чем больше штанги – тем более производительной является вся опрыскивающая установка.

11) Система гашения колебаний – здесь применяют механические, гидравлические и пневматические устройства для уменьшения воздействий на технологический процесс распыления.

12) Автопилот – вместо руля устанавливают специализированное подруливающее устройство, которое с заданной точностью регулирует движение по пересеченной местности с незначительными отклонениями.

13) Ну и наконец, одной из самых прогрессивных систем в любом опрыскивателе, является система копирования рельефа штангами опрыскивателя. Она нужна, чтобы максимально качественно проводить работы, компенсируя неровности полей.

Обработка полей осуществляется ночью. Перед опрыскиванием, водитель самоходной машины формирует границы территории предполагаемого опрыскивания – объезжает её по контуру, в этот момент агронавигатор формирует территорию предполагаемой обработки и делит ее на части. После начала работы - происходит регулировка норм выдачи рабочей жидкости через устройства разбрызгивания – этот процесс осуществляется бортовым.

Опрыскивание начинается с автоматизированного раскладывания штанг опрыскивателя и регулировки их уровня относительно поверхности. Раскрытие и регулировка высоты происходит с помощью гидравлической системы – комплекта гидроцилиндров. Водитель самоходной машины выводит опрыскиватель на уже подготовленный в агронавигаторе маршрут, с этого момента начинается опрыскивание.

Понимая высокую степень опасности распыляемых аэрозолей для дыхательной системы, контакта с кожей и другими частями тела, необходимо, чтобы все технологические процессы, происходящие при опрыскивании, производились без непосредственного участия человека.

Самоходная машина движется с определенной скоростью, регулируя нормы расхода рабочей жидкости. Это происходит благодаря связи агронавигатора со спутником, или установленному на шасси машины датчику скорости, он передаёт данные в бортовой компьютер. Вместе с этой системой, работает автопилот, он контролирует направление движения опрыскивателя по заданному агронавигатором маршруту и указывает как менять курс. Если опрыскиватель перемещается по уже частично обработанной территории, то включается система посекционного отключения разбрызгивающих элементов, только это предохраняет посевы от превышения внесения минеральных удобрений или ядохимикатов.

Важно исключить недообработку поверхности – для этого используют систему копирования рельефа обрабатываемой поверхности, она представлена набором датчиков, силовых элементов и системы контроля данных. Данная система сохраняет постоянным расстояние от разбрызгивающих жидкость устройств до обрабатываемой поверхности. Такая система позволит исключить рост сорняковых растений и гибель культуры.

Список литературы

1 Виноградов, В.М. Автоматизация технологических процессов и производств. Введение в специальность: Учебное пособие / В.М. Виноградов, А.А. Черепашин. - М.: Форум, 2018. - 305 с.

2 Клепиков, В.В. Автоматизация производственных процессов: Учебное пособие / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. - М.: Инфра-М, 2018. - 224 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ВЫБОРУ СПЕЦТЕХНИКИ

Красножен И.И., Тугов В.В., к.т.н., доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

При логистическом управлении заказами на технику лицо принимающее решение (ЛПР) ежедневно сталкивается с системой из множества альтернатив, которые нужно проанализировать. Зачастую, выбирая правильное решение, ЛПР действует интуитивно. Все варианты выбора спецтехники просмотреть вручную за короткое время достаточно сложная процедура. Вследствие этого поиск рационального решения осуществляется в условиях неопределенности и не полных данных. Это сказывается на качестве работы [1]. Необходимость учета большого количества факторов и их сравнение с каждым поставщиком спецтехники значительно усложняет принятие решения. Кроме этого, у нового менеджера плюс ко всему встает проблема сбора собственной базы поставщиков, знакомство со старыми заказчиками, а значит, многие заказы будет выполнить невозможно, только из-за долгого поиска исполнителей.

Существенную помощь менеджеру, а также руководителю оказывают системы поддержки принятия решений (СППР). Такие системы повышают эффективность работы предприятия. Они значительно ускоряют поиск по базе необходимых поставщиков [2].

Своевременно и динамически пополняемая база данных всегда держит в актуальном состоянии списки клиентов, поставщиков, наличие техники и информацию о них. В СППР при поступлении заявки вводится вся необходимая информация о заказе, а далее выдается список альтернатив. После согласования с заказчиком предлагаемых условий и принятия решения менеджером, система формирует заказ на оформление документов и счетов или закрывает неприемлемый заказ.

В данном подходе менеджеру необходимо научиться работать с системой и вести переговоры с клиентом. Все остальное есть в базе, которая постоянно пополняется менеджерами. Остается принимать заявки, вбивать в программу и предлагать альтернативы [3].

Разрабатываемая СППР функционирует по определенным алгоритмам, в качестве примера рассмотрим алгоритм выбора крана высокой грузоподъемности.

При приеме заказа необходимо выбрать технику. Алгоритм выбора определенной спецтехники удовлетворяющий запросы клиента, расписан в определенном подпроцессе (рисунок 1). В каждом подпроцессе необходимо определить приемлемость заказа: минимальное время аренды, объем работ, условия исполнения и т.д.



Рисунок 1 – Алгоритм подбора техники для клиента

Например, при выборе крана высокой грузоподъемности (рисунок 2) необходимо иметь информацию о грузоподъемности, вылете стрелы, наличие в необходимом населенном пункте или возможность его доставки и т.д. После ввода информации, необязательно полной, СППР выдает список доступных альтернатив. Заказчик решает, устраивает ли его цена, характеристики и прочее. При положительном ответе заказ отправляют на оформление документов и подготовку счета на оплату [3].



Рисунок 2 – Подпроцесс выбора крана высокой грузоподъемности

В разрабатываемой системе используется трехуровневая структура хранения данных в связи с простотой пополнения и работы с ней (рисунок 3). Источниками данных выступают менеджеры-логисты, поэтому на схеме их также, как и компьютеров – пять. Руководитель отдела следит за работой и работает на компьютере 1. За грузовые перевозки отвечает менеджер за компьютером 2 на витрине данных 1. С кранами работает логист на компьютере 3 на витрине данных 2. По спецтехнике работают 2 менеджера-логиста на компьютерах 4 и 5, они обращаются к базе через витрину данных 3 [4].

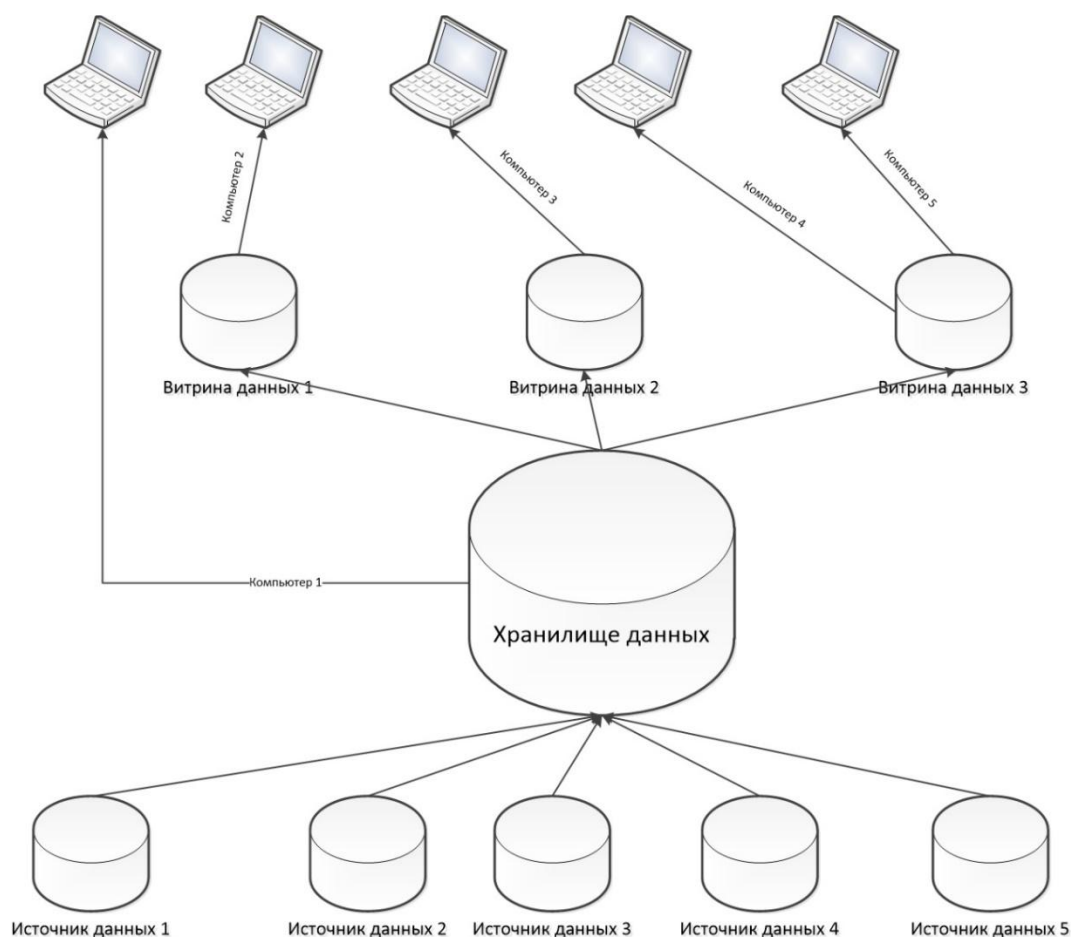


Рисунок 3 – Структура хранения данных

Таким образом, применение разрабатываемой СППР увеличивает степень объективности при выборе поставщиков спецтехники, так как ЛПР получает наиболее подходящие альтернативы. Также уменьшается время на подбор, а значит вероятность положительной исполнительности заявки повышается.

Список литературы

1. Красножон, И.И. Реализация базы данных в системе поддержки принятия решения по выбору поставщиков спецтехники /И.И. Красножон, В.В. Тугов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы IX Всероссийская конференция с международным участием. – Оренбург: ОГУ, 2019. – с. 234-237.
2. Тугов, В.В. Системное моделирование. Часть 1 / В.В. Тугов, Т.В. Гаибова, Н.А. Шумилина. – Оренбург: ОГУ, 2009. – 113 с.
3. Курейчик, В.М. Особенности построения систем поддержки принятия решений [Электронный ресурс] / В.М. Курейчик. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-postroeniya-sistem-podderzhki-prinyatiya-resheniy>. (Дата обращения 03.01.2021).
4. Спирли, Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка и реализация. Т.1. / Э. Спирли. – Москва: «Вильямс», 2001. – 400 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ВИБРОДИАГНОСТИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Крассовская Т.В., Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Соединение зубчатых передач лежит в основе всей техники. На сегодняшний день зубчатые соединения являются наиболее распространенным видом передач с разъемным соединением. Зубчатое зацепление используется в механизмах различных нагрузок и масштабов, от наручных часов до многотонных лайнеров. Зачастую именно зубчатые зацепления получают максимальную нагрузку. Появление дефекта и его последующее развитие приводит к потере работоспособности в целом. Большинство отказов происходят внезапно, что приводит к дорогостоящему ремонту и простоя оборудования [1].

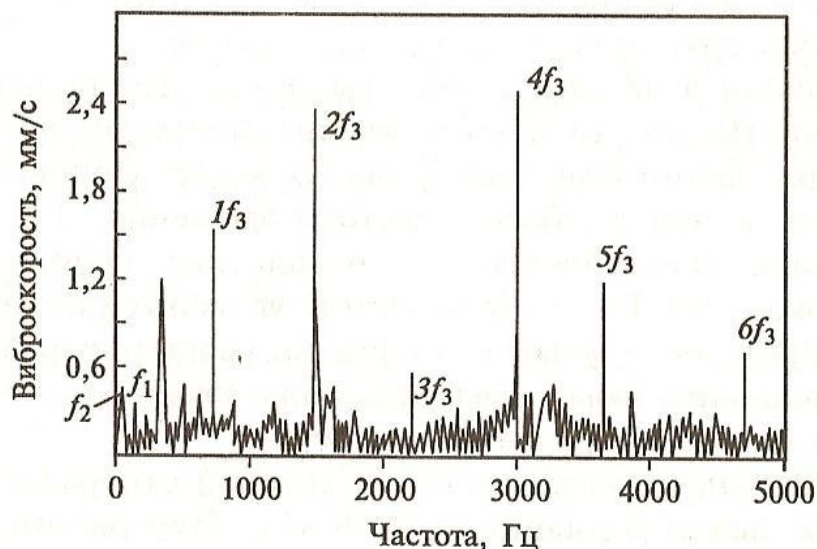
Предупредить возникновение внезапных отказов помогает плановое техническое обслуживание. В современной технике для контроля исправности и работоспособности зубчатого соединения всё чаще применяют метод вибродиагностики. Плюсами данного метода относительно других методов оценки состояния зубчатого соединения являются:

- определение с высокой точностью состояния агрегата без нарушения его работоспособности, а именно методом «неразрушающего контроля»;
 - возможность прогнозирования неполадок и природы их возникновения.
- К недостаткам метода вибродиагностики можно отнести:
- особые требования к способу монтажа вибродатчика;
 - зависимость параметров вибрации от большого числа факторов и сложность идентификации вибрационного сигнала обусловлены наличием неисправности;
 - низкая точность диагностики.

Если систематически не проводить контроль за работой зубчатого соединения любого рода редуктора, то работа на повышенных частотах или при повышенных колебаниях может привести к сокращению срока службы опорных подшипников, разрыву сальников и тд. Появление дополнительной степени свободы может привести к ненормальной работе агрегата, полному выходу из строя всей установки [1].

Процесс вибродиагностики заключается в следующем: при работе узла возникают колебательные волны, возникающие из-за износа вращающихся частей, резкого изменения нагрузки и т.д. Сигнал, получаемый при помощи датчиков вибрации и колебаний, установленных на корпусе редуктора, поступает в считывающее устройство или измерительный блок. После этого поступивший сигнал обрабатывается компьютером или блоком индикации и сравнивается с частотой сигнала, запрограммированного в базу данных компьютера или блока.

Помимо этого диагност может вывести график работы зубчатой передачи на экран компьютера или на бумагу (рисунок 1). Значения графика определяют характер работы механизма, его пиковые нагрузки, степень износа зубчатого соединения [1].



f_1 и f_2 - частоты вращения ведущего и ведомого колеса, f_3 - зубцовая частота
Рисунок 1 – Спектр вибраций при равномерном абразивном износе зубчатых колес

В современной технологической индустрии особую роль играет постоянность производства, поддержание качества выпускаемой продукции. Все эти факторы так или иначе связаны с поддержанием технической базы в пригодном к эксплуатации состоянии. Помимо этого стоит подчеркнуть вопрос соблюдения техники безопасности производства, соблюдения культуры производства и обслуживания технологических средств [1].

Соблюдение правил техники безопасности на производстве включает в себя не только общепринятый список недопустимых действий, но и конкретно расписанную специфику работы на объекте. Всё это так или иначе в конечном счёте будет тесно сопряжено с состоянием технической базы [1].

Метод вибродиагностики даёт полную картину о состоянии механизма. Например, при работе с механическими коробками передач в большегрузной или сельскохозяйственной технике именно метод вибродиагностики является самым менее временезатратным и дающим самую полную картину о состоянии элемента конструкции. Например, оценку состояния зубчатого соединения в авиационных двигателях можно получить силами авиационных техников в транзитном или базовом аэропорту пребывания, что в разы сокращает время диагностики не снижая при этом процент вероятности отказа [3].

В 1988 году фирма «Эйрбас» внедрила в конструкцию своих самолётов типа А-320 многоступенчатую систему самоконтроля летательного аппарата.

Датчики вибрации были установлены на валы редукторов систем управления стабилизатором, рулём высоты, элеронов, интерцепторов и т.д. При кардинальном расхождении частоты сигнала с частотой, установленной в компьютере самолёта, подаваемого от датчика, компьютер самолёта автоматически либо включал дополнительную систему контроля, либо отключал неисправный узел, либо включал резервную систему управления тем или иным органом управления. Также в бортовом самописце была установлена регистрирующая аппаратура, записывающая показания датчиков. Система была запатентована и начала вводиться повсеместно на всех выпускаемых самолётах «Эирбас» (А-320, А-330, А-340 и др) и её дочерних фирм.

Помимо авиационной техники метод вибродиагностики полностью оправдал и зарекомендовал себя в нефтяной отрасли при работе с бурильными установками. При бурении скважин и высокой нагрузке на редуктор есть высокая вероятность нарушения конструкции и пригодности к дальнейшей эксплуатации бурильной установки. Помимо этого есть опасность в причинении вреда персоналу, обслуживающему и работающему на данной установке. Именно поэтому после бурения скважин рекомендуется продиагностировать бурильную машину при помощи вибродиагностического стенда.

Всё больше набирает популярность метод вибродиагностики при работе с роботизированными коробками переключения передач как легковых, так и грузовых автомобилей. Так, некоторые автопроизводители уже на заводе-изготовителе выштамповывают корпус коробки передач с гнездом под установку датчика вибрации. Например, фирма «Мерседес» на своих электромобилях уже штатно устанавливает датчик вибрации и индивидуальный блок управления в электромоторы трансмиссии как с целью контроля состояния самого электромотора, так и за мониторингом траты электроэнергии и выведении информации о наиболее энергозатратных элементах конструкции автомобиля.

Современные высокоточные станки для обработки и изготовления деталей различной сложности имеют допуски в сотые доли миллиметра. Это несёт за собой и требования к модулям, из которых состоит сам станок. Таким образом, для контроля работоспособности станка и его соответствию паспортным характеристикам, проводят контроль многих систем, в том числе и многочисленных редукторов станка. Метод вибродиагностики позволяет за короткие промежутки времени без дополнительного разбора конструкции оценить состояние редуктора и его частей. Вынести оценку состояния редуктора или модуля, сделать прогноз о работоспособности станка через определённое количество часов работы [3].

Трудно найти механизм, где не нашлось бы место зубчатой передачи, и несмотря на казалось бы высокую надёжность и безотказность соединения, за ним необходим контроль и установление режимов работы, на которых зубчатое соединение конкретного механизма быстро теряет установленные характеристики и выходит из строя, что влечёт за собой порой не только простой и дорогостоящий ремонт, но и вред человеческому здоровью.

Список литературы

1. Ишин, Н. Н. Динамика и вибромониторинг зубчатых передач / Н. Н. Ишин. – Минск: Беларус. наука, 2013. – 432 с.
2. Gavrilov, A. Determination of frequency characteristics of thin-walled rods with transverse cracks / A. Gavrilov, G. Grebenuk, N. Morozov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. - Vol. 953 Iss. 1, 26 November 2020: 13th International Scientific Conference Architecture and Construction 2020, 22-24 September 2020, Novosibirsk, Russian Federation. - Electronic data. - P. 1-8.
3. Барков А.В., Баркова Н.А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации: Учебное пособие. СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2004, 152с.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ СЕРОГО ЧУГУНА, ПОЛУЧАЕМОГО МЕТОДОМ ХГПН

**Крылова С.Е. д-р техн. наук, доцент,
Зайнуллин Н. И., Горяев С. А., Есин Д. О.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Газопламенное напыление – метод нанесения специального покрытия на поверхность детали, с целью получения дополнительных качеств. В качестве распыляемого материала используют металлические или полимерные порошки. Их нагревают до пластичного состояния с помощью пламени, которое формируется при сгорании смеси кислорода с пропаном или ацетиленом. Перенос на поверхность металла осуществляется с помощью сжатого воздуха.

Метод, представленный на рисунке 1, относится к категории газотермического напыления. По сравнению с другими способами металлизации, он выгодно отличается высокой производительностью и низкой себестоимостью работ.



Рисунок 1 – Газопламенное напыление шейки коленчатого вала

Как было указано выше, температурная обработка осуществляется за счет тепловой энергии, которая образуется при сгорании горючего газа в кислородной среде. Наилучших результатов можно добиться при использовании ацетилена. Его температура горения варьируется в пределах 3100–3200 °С.

В работе исследовали структурное состояние покрытия, полученного методом холодного газопламенного напыления на поверхность изделия из серого чугуна СЧ 20. Внешний вид покрытия представлен на рисунке 2.

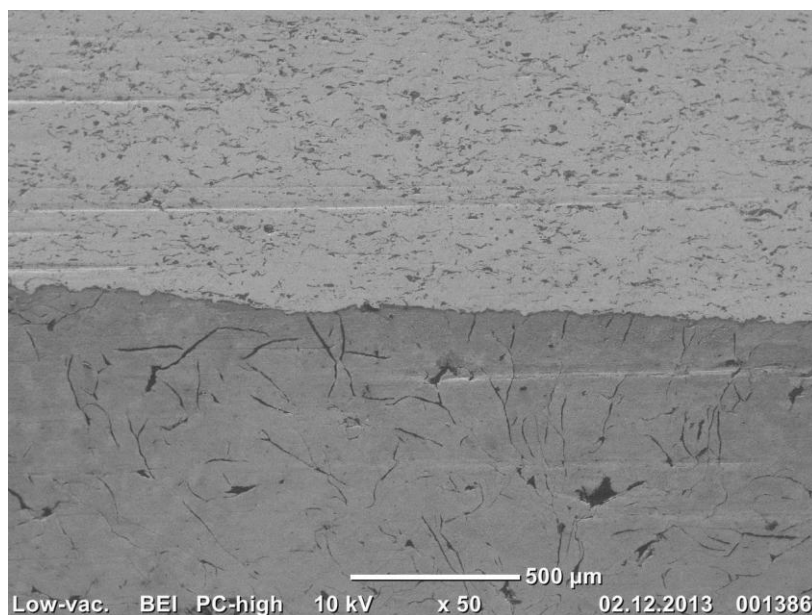


Рисунок 2 – Макро-изображение напыленного поверхностного слоя

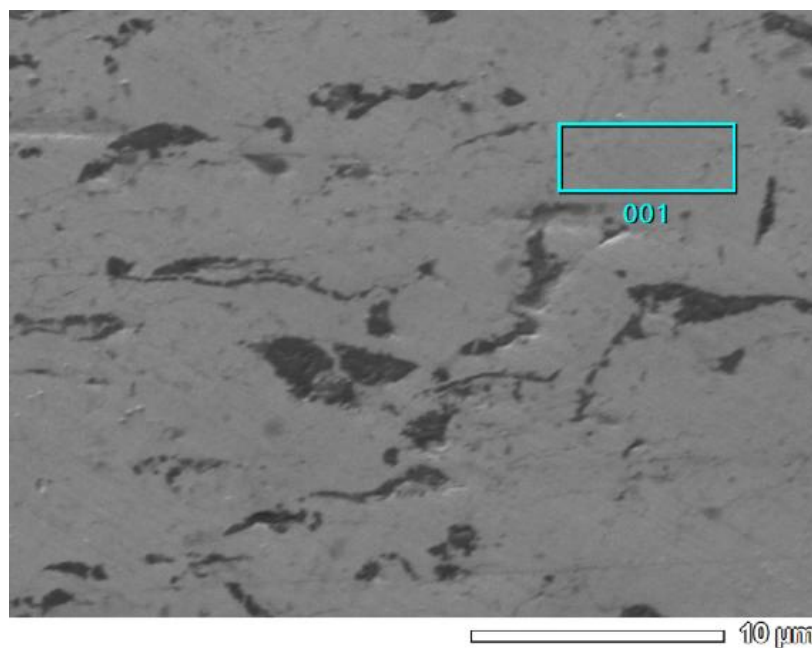


Рисунок 3 – Область металлической основы покрытия, подвергнутая исследованию химического состава

Методом электронной растровой микроскопии, на приборе JEOL-6000 определили содержание основных элементов в материале покрытия. Спектрограммы и результаты спектрального химического анализа представлены на рисунке 4 и в таблице 1.

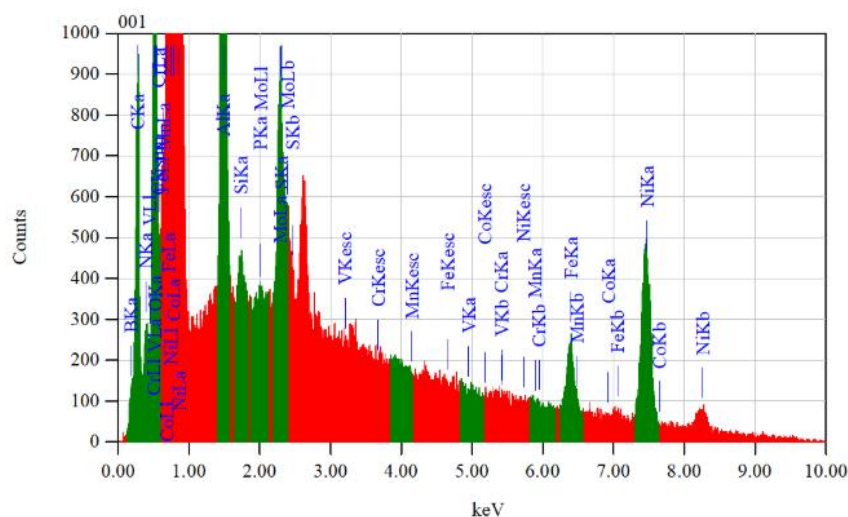


Рисунок 4 – Диаграмма распределения химических элементов выделенной области

Таблица 1 – Химический состав выделенного участка (001), в % по массе

Зафиксированный элемент	B	Si	C	Fe	N	Ni	O	Al	Zr
Количество, %	9,74	0,86	15,08	5,80	3,88	20,92	6,74	13,66	23,32

Исходя из таблицы 1 можно сделать вывод, что в исследованной области покрытия основой являются такие элементы, как цирконий, никель, алюминий в соединении с бором, кислородом и углеродом. Следовательно, в покрытии могут содержаться карбидные, боридные и оксидные соединения, как в растворенном виде, так и виде самостоятельных фаз в составе покрытия.

Для уточнения высказанного предположения, был исследован химический состав обособленной области одного из крупных, более распространенных в поверхности включений (см. рисунки 5 – 7).

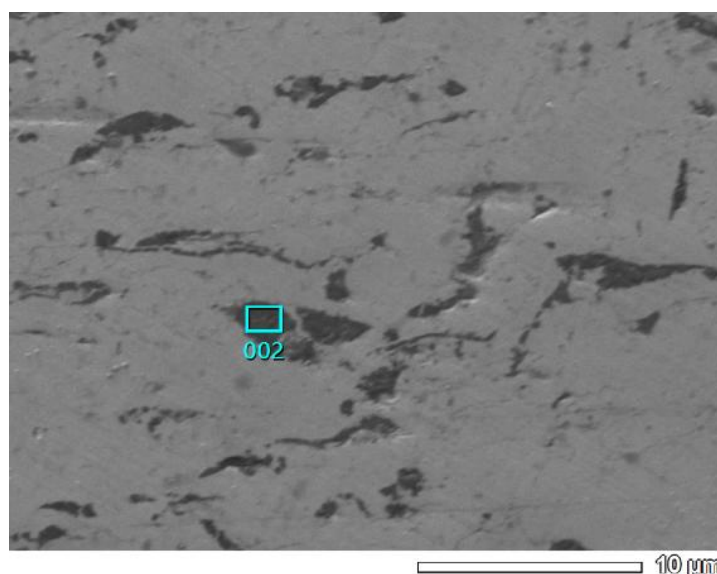


Рисунок 5 – Включение (002), подвергнутое исследованию химического состава

Спектрограммы и результаты спектрального химического анализа представлены на рисунке 6 и в таблице 2.

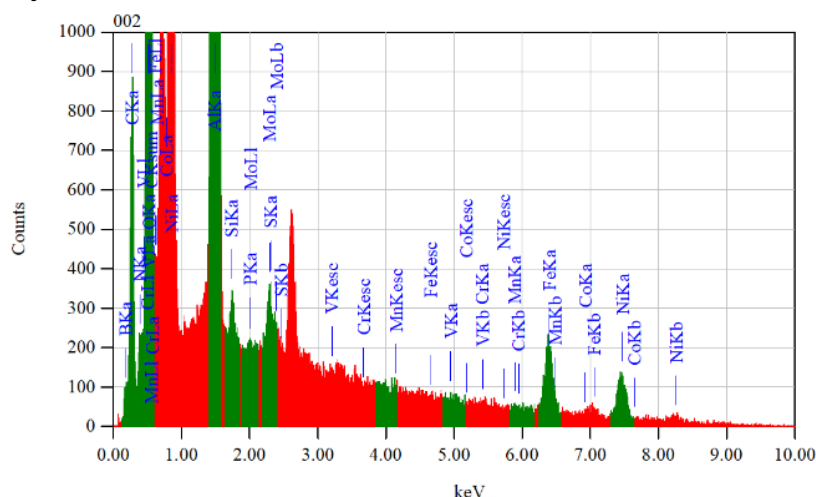


Рисунок 6 – Диаграмма распределения химических элементов

Таблица 2 – Химический состав выделенного спектра (002), в % по массе

Зафиксированный элемент	C	N	O	Al	Si	Fe	Ni	Mo	B
Количество, %	7,55	3,43	27,34	47,61	0,32	3,53	2,95	3,37	3,90

Результаты электронной растровой микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа указывают, что основным элементом, входящим в состав покрытия, является алюминий, занимающий в объеме выделенного спектра 47,61 %, что в соединении с кислородом, в количестве – 27,43 %, указывает на образование оксида алюминия Al_2O_3 .

После исследования химического состава на микроскопе «JEOL», опытные образцы подвергали исследованию фазового состава методом рентгеноструктурного анализа с помощью минидифрактометра МД-10 с медным катодом. Образец подвергали бомбардированию электронами в диапазоне углов 2θ от 15 до 120 ° при номинальном рабочем напряжении на рентгеновской трубке 30 кВ, материал анода – Cu. Рентгенограммы и параметры пиков приведены на рисунке 7 и в таблице 3.

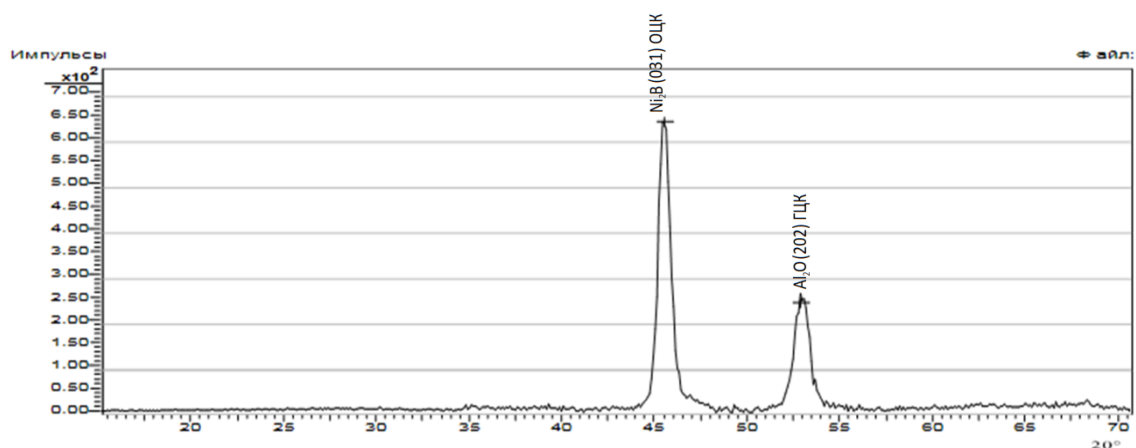


Рисунок 7 – Рентгенограмма образца

Таблица 3 – Расшифровка параметров

№	2θ	d	hkl	I max	Тип решетки	Фаза
1	45,50	1,99329	031	631,4	ОЦК	ZrO ₂
2	52,90	1,73080	202	232,7	ГЦК	Al ₂ O ₃

Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что из порошка с фазовым составом: тетрагональный - ZrO₂ + остаточный моноклинный - ZrO₂, при высокоэнергетическом плазменном напылении сформировано двухфазное покрытие из тетрагональной и кубической фаз (~10 %). Методом дериватографии установлено, что фазовое превращение происходит при температуре ~ 840 С и обусловлено термическим воздействием высокоэнергетического плазменного потока.

В процессе нанесения и формирования циркониевые покрытия очень мало или совсем не образуется шлама, поскольку эффективность реакции циркония, как правило, составляет около 99%. Вес циркониевых покрытий также обычно небольшой: 5-25 мг/фут², благодаря чему появляется возможность получения тонкопленочных покрытий на основе циркония, посредством нанотехнологий.

Физические и особенно механические свойства циркония сильно зависят от чистоты металлов. Характерное свойство металла - способность растворять кислород, водород, азот и углерод. Примеси этих элементов делают цирконий хрупким. Самым важным преимуществом циркониевых покрытий считается их способность работать при температуре окружающей среды. Это свойство может обеспечить значительную экономию энергии.

Список литературы

1. С. С. Горелик и др. «Рентгенографический и электронно-оптический анализ» - М, МИСИС, 1994 – 328 с
2. Григорьев С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов.- М.: Машиностроение, 2011.- 368 с. – ISBN 978-5-94275-591-1.

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ ОБЪЕМНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т ПЕРЕД ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

Крылова С.Е., д-р техн. наук, доцент,
Кельдибаева А.С., Оплеснин С.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Под термической обработкой понимают технологический процесс, заключающийся в нагреве материала до определенной температуры, выдержке при данной температуре определенное время и охлаждении при заданной скорости для изменения структуры и свойств материала.

Наиболее широко используемым материалом в узлах насосно-компрессорного оборудования, работающих в агрессивных средах и под высокими нагрузками, были и остаются коррозионностойкие стали. В данной работе исследуется коррозионностойкая сталь аустенитного класса марки 12Х18Н10Т, рисунок 1. Аустенитная сталь марки 12Х18Н10Т характеризуется небольшой прочностью и невысокой работоспособностью при жёстких условиях коррозионного воздействия атмосферы и морской среды. Увеличить эксплуатационные качества материала можно путем термической обработки.



Рисунок 1 - Структура стали 12Х18Н10Т в исходном состоянии

Согласно СТП 26.260.484-2004 «Термическая обработка коррозионностойких сталей и сплавов на железоникелевой основе в химическом машиностроении» наиболее рекомендованными видами термической обработки для стали 12X18Н10Т являются: закалка и стабилизирующий отжиг, рисунок 2.

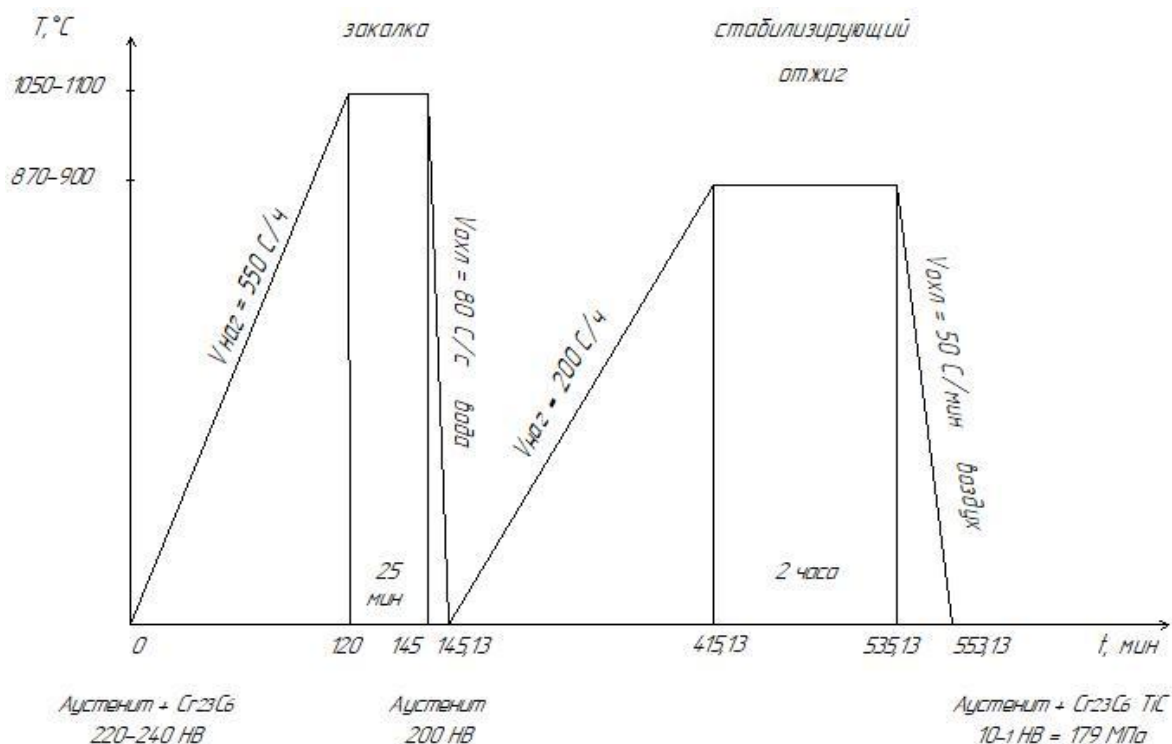


Рисунок 2 - Карта технологического процесса термической обработки стали 12X18Н10Т

Для стали 12X18Н10Т применяется закалка без полиморфных превращений. Данную марку рекомендуется закаливать с нагреванием до 1050-1100 °C, выдержкой при этой температуре и последующим охлаждением путем погружения в воду. Время выдержки под закалку стали 12X18Н10Т с толщиной стенки до 10 мм - 30 минут, свыше 10 мм - 20 минут + 1 минута на 1 мм максимальной толщины. Цель закалки - предотвратить склонность к межкристаллитной и ножевой коррозии, повысить стойкость общей коррозии, повысить пластичность материала [1].

Согласно теории И.И. Новикова [2] закалка без полиморфного превращения - это термическая обработка, фиксирующая при более низкой температуре состояние сплава, свойственное ему при более высокой температуре. Закалка без полиморфных превращений применима к любым сплавам, в которых одна фаза полностью или частично растворяется или частично растворяется в другой.

После закалки механические свойства стали 12X18Н10Т характеризуются максимальной вязкостью и пластичностью. При этом невысокой остается ее прочность и твердость.

После закалки проводят стабилизирующий отжиг.

Стабилизирующий отжиг заключается в нагреве стали до 870-900°C, выдержкой при этой температуре 2-3 часа и последующем быстром охлаждении на воздухе. Цель стабилизирующего отжига - уменьшить напряжения в стали.

Стабилизирующий отжиг является заключительной операцией термической обработки, и правильное его применение в значительной степени определяет качество готовой закаленной детали.

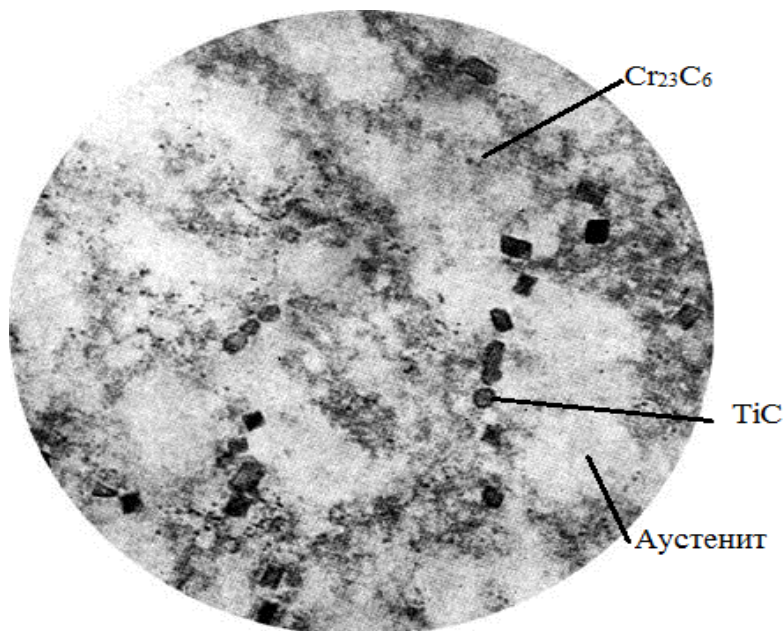


Рисунок 3 - Микроструктура стали 12X18H10T после закалки со стабилизирующим отжигом

В результате стабилизирующего отжига стали 12X18H10T, рисунок 3, карбиды хрома полностью выделяются из раствора и присутствуют в скоагулированном виде, а хром равномерно распределен по объему зерен аустенита.

С равномерным распределением хрома растворимость углерода в хромоникелевом аустените уменьшается, что облегчает выделение в нем карбидной фазы. Это, в частности, подтверждается снижением ударной вязкости стали с повышением содержания хрома, что связывают с образованием карбидной сетки по границам зерен.

Вместе с тем, равномерное распределение хрома в аустените приводит к существенному снижению склонности стали к межкристаллитной коррозии. Это объясняют тем, что хром существенно повышает коррозионную стойкость стали. Более высокая концентрация хрома в стали дает меньшую степень обеднения им границ зерен при выделении там карбидов.

При введении в хромоникелевую сталь титана и ниобия, которые способствуют образования карбидов, меняются условия выделения карбидных фаз. При относительно низких температурах 450-700 °C преимущественно выделяются карбиды типа Cr_{23}C_6 , которые и дают склонность к межкристаллитной коррозии. При температурах выше 700 °C преимущественно выделяются специ-

альные карбиды типа TiC или NbC. При выделении только специальных карбидов склонности к межкристаллитной коррозии не возникает [3], [4].

Список литературы

1 СТП 26.260.484-2004. Термическая обработка коррозионностойких сталей и сплавов на железоникелевой основе в химическом машиностроении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293833/4293833389.htm>– (дата обращения: 20.11.2020).

2 Новиков, И. И. Теория термической обработки металлов [Текст] : учеб. для вузов / И. И. Новиков.- 3-е изд., испр. и доп. - М. : Металлургия, 1978.

3 Аустенитные нержавеющие стали: структура и свойства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://steel-guide.ru/klassifikaciya/nerzhaveyushhie-stali/austenitnye-nerzhaveyushhie-stali-struktura-i-svojstva.html> – (дата обращения: 20.11.2020).

4 Особенности фазовых превращений в сталях аустенитного типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nntip.ru/metally/austenizaciya-eto.html> – (дата обращения: 15.12.2020).

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВИБРОГАСЯЩЕЙ РЕЗЦОВОЙ ГОЛОВКИ

**Майранц Э.Л., инженер-конструктор,
Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор
ООО «Оренбургнефтемаш»,**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

На сегодняшний день в сфере металлообработки актуальна проблема вибраций, возникающих во время резания [1, 2]. Для решения данной проблемы используются различные методы демпфирования, подбираются оптимальные режимы резания. Данная тематика была исследована крупнейшими мировыми производителями инструмента как Sandvik Cormorant, Kyocera, Kennametall. Особенно актуально встает проблема вибраций при растачивании глубоких отверстий ответственных деталей. Для решения данной проблемы необходимо разработать специальный инструмент, который имел бы достаточную длину, а также мог бы демпфировать возникающие внутренние вибрации.

Для разработки резцовой головки для растачивания глубоких отверстий необходимо правильно учесть составляющие сил резания, возникающие в процессе обработки представленной детали. Для этого были приняты режимы резания: глубина резания, равная 1,5 мм; оборотная подача – 0,17 мм/об; скорость резания – 136 м/мин. Это позволило определить основную составляющую силы резания – 570 Н. С учетом рекомендаций по определению составляющих силы резания были определены значения ее осевых и радиальных составляющих.

После расчетов составляющих сил резания, была создана конструкция виброгасящей резцовой головки. Особенностью которой являлось наличие в корпусе полости, в которую в качестве демпфирующих элементов были установлены свинцовые демпфирующие вставки (грузы) с разделяющими уплотнительными резиновыми кольцами. Для осуществления относительного движения грузов они были поджаты пружиной. В этом случае они выступают в качестве демпферов на определенных частотах колебаний. 3D вид конструкции спроектированной резцовой головки с установленными демпферами представлен на рисунке 1. На рисунке 2 представлен сборочный чертеж спроектированного инструмента.

Для оценки статической точности и возможных резонансных частот инструмента были проведены статический и модальный расчеты. Были использованы два варианта моделей: твердотельная конструкция без демпфирующих оправок и полая конструкция, представленная на рисунке 1.

Результаты расчетов твердотельной конструкции показали, что максимальные по модулю перемещения составили почти 130 мкм. Однако, при сни-

жении глубины резания на порядок при финишной обработке пропорционально уменьшается сила резания и перемещения составили около 13 мкм.

Модальный расчет показал, что значения трех первых нижних резонансных частот составили 256,9 Гц, 257,9 и 1341 Гц. Седьмая резонансная частота была зафиксирована на уровне 2293 Гц. Таким образом, семь первых резонансных частот инструмента могут проявиться в диапазоне частот вращения или инструмента или заготовки от 15000 до 138000 об/мин.

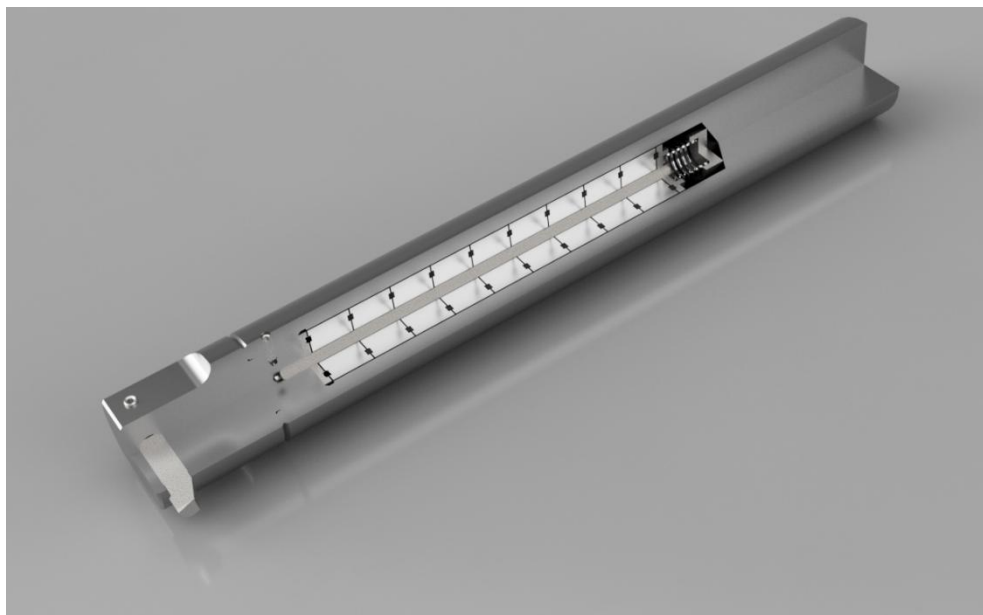
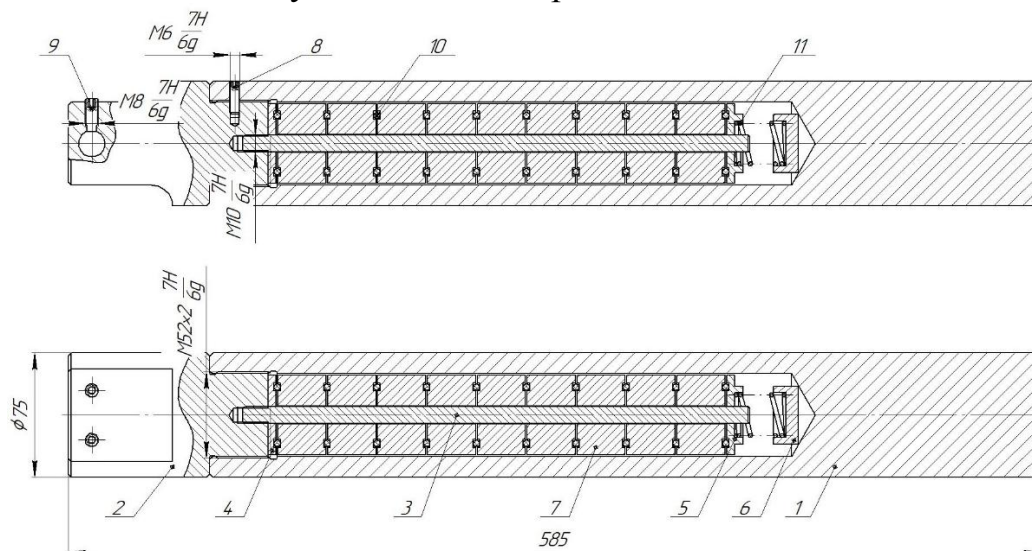


Рисунок 1 – 3D вид резцовой головки



1 - корпус, 2 - передняя часть, 3 - направляющая грузов, 4 - передняя опора для грузов, 5 - задняя опора для грузов, 6 - седло пружины, 7 – свинцовая демпфирующая вставка или груз, 8 - винт фиксирующий, 9 - винт для установки реза, 10 – кольцо резиновое проставочное, 11 – пружина

Рисунок 2 – конструкция оправки

На рисунке 3 представлены перемещения твердотельного инструмента под действием нагрузки. На рисунке 4 представлена первая форма колебаний для твердотельного инструмента.

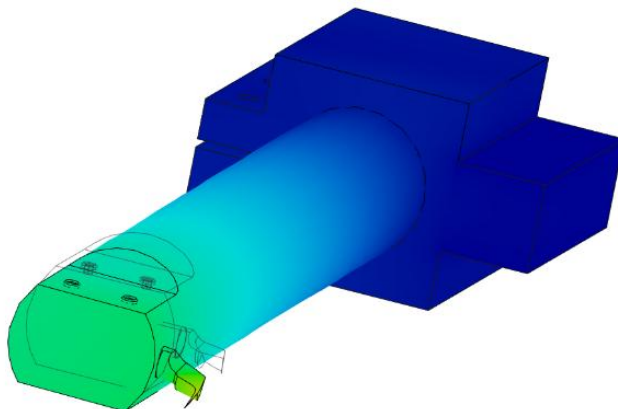


Рисунок 3 – Перемещения твердотельного инструмента под воздействием нагрузки

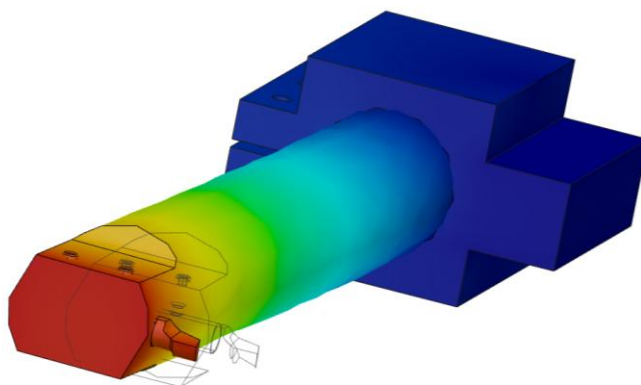
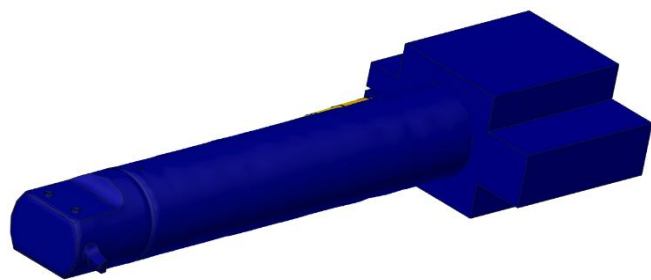
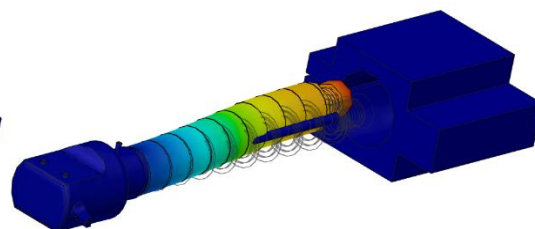


Рисунок 4 – Первая форма колебаний на частоте 256.9 Гц

Расчеты для виброгасящей конструкции резцовой головки показали, что возникающие в ней максимальные статические перемещения более, чем на 20 % меньше. В диапазоне рабочих частот вращения инструмента или шпинделя (до 15000 об/мин) проявляются 20 резонансных частот. Их особенностью является проявление колебаний на демпфирующих вставках, при неподвижной режущей части спроектированного инструмента (рисунок 5).



а)



б)

Рисунок 5 – Первая форма колебаний на частоте 7.498 Hz.

Полученный результат показывает, что традиционная (твердотельная неплая) конструкция резцовой головки может быть использована при частотах вращения инструмента или заготовки до 15000 об/мин. Положительным свойством полый конструкции режущего инструмента является ее универсальность. На любых частотах вращения инструмента или заготовки вибрации воспринимаются виброгасящими вставками.

Список литературы

1 Раменская Е.В., Филлипов Ю.А., Латюк Д.В. Вибрация и прецизионность обработки деталей // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Академика М.Ф.Решетникова. 2014. № 4 (56). С. 243-248.

2 Григорьев С.Н., Синопальников В.А., Терешин М.В., Гурин В.Д. Контроль параметров процесса резания на основе диагностирования инструмента и заготовки // Измерительная техника. 2012. № 5. С. 46-48.

ОБЗОР ПРЕИМУЩЕСТВ ПРОГРАММЫ SPRUTCAM

Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент,

Дружинин В. И., Дурманов Н. В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

SprutCAM представляет собой российскую САМ-систему, которая предназначена для разработки управляющих программ (УП) на многоосевых, электроэрозионных, токарно-фрезерных станках, обрабатывающих центрах с ЧПУ и другом технологическом оборудовании [1]. По функционалу и надежности данная система не уступает зарубежным аналогичным системам, даже наоборот, в чём-то превосходит их. Например, русскоязычная документация и интерфейс, отзывчивая служба поддержки дают возможность снизить затраты на обучение персонала, а это немало важный фактор в настоящее время.

Отличительной особенностью SprutCAM, в отличие от других САМ-систем, является то, что все столкновения, зарезы и выходы из ограниченной рабочей зоны станка, видны сразу же после расчёта траектории (рисунок 1). Объясняется это тем, что SprutCAM рассчитывает траекторию инструмента сразу с учётом расположения заготовки на станке, что позволяет избежать столкновения движущихся частей [2].

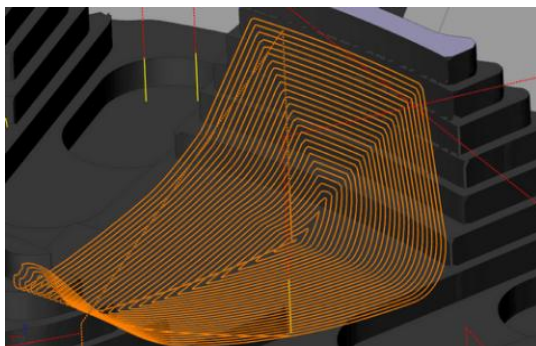


Рисунок 1 - Расчет траектории движения инструмента

При расчёте траектории система учитывает результат работы предыдущей операции, что дает три конкретных преимущества:

- визуальное программирование (видимость результата работы, сразу же после расчёта траектории в каждой операции);
- контроль столкновений;
- сокращение рабочих ходов («по воздуху» без снятия припуска инструмент не ходит, если того не желает программист).

Возможность построения постпроцессора является отдельным достоинством SprutCAM [3]. Вывод управляющей программы из САМ-системы реали-

зуется через постпроцессор. На рисунке 2 представлена общая схема получения готовой управляющей программы.

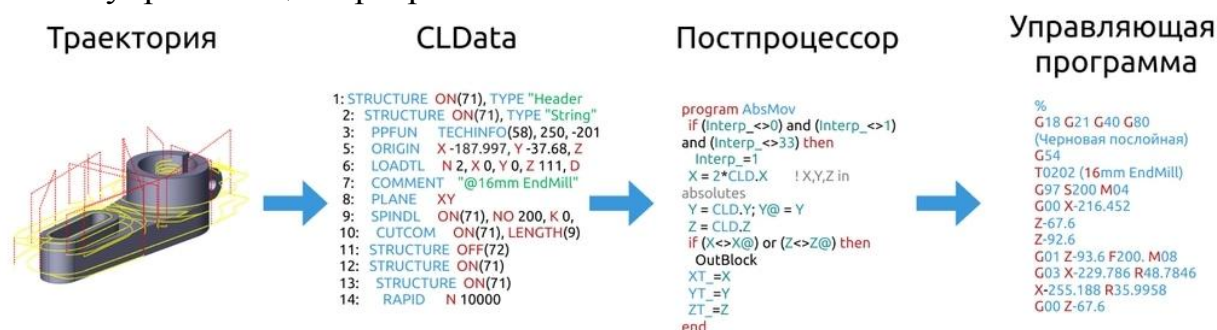
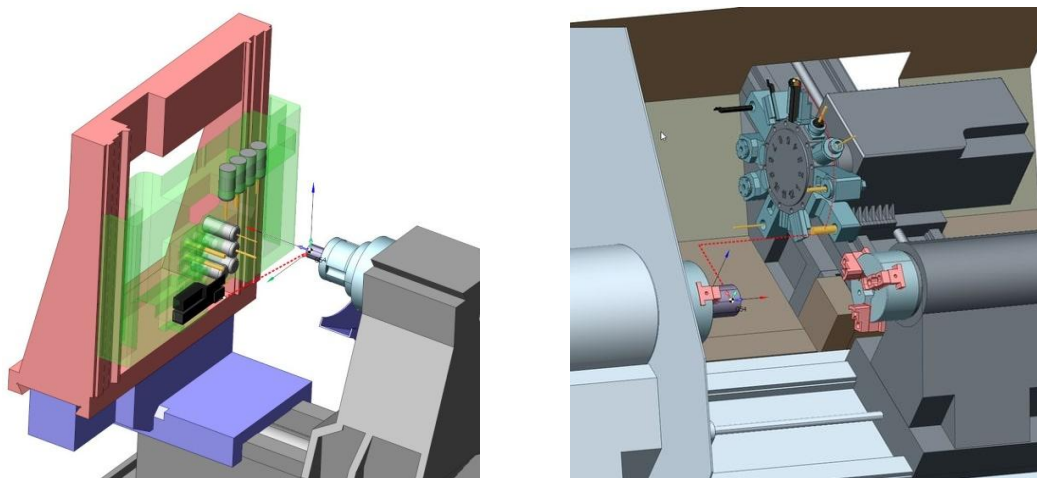


Рисунок 2 - Общая схема получения готовой управляющей программы

При расчёте траектории движения узлов станка, команды генерируются для управляемых осей станка, согласно его кинематической схеме, что даёт возможность избежать лишних пересчетов координат в постпроцессоре во время вывода УП. Внедрённый генератор постпроцессоров даёт возможность программисту лично выводить программу на различные системы ЧПУ. Удобный интерфейс системы, а также интерактивная помощь дают возможность легко и быстро сформировать постпроцессор без каких-либо проблем. Система SprutCAM имеет богатую библиотеку готовых постпроцессоров для самого разнообразного оборудования и различных систем ЧПУ (рисунок 3).



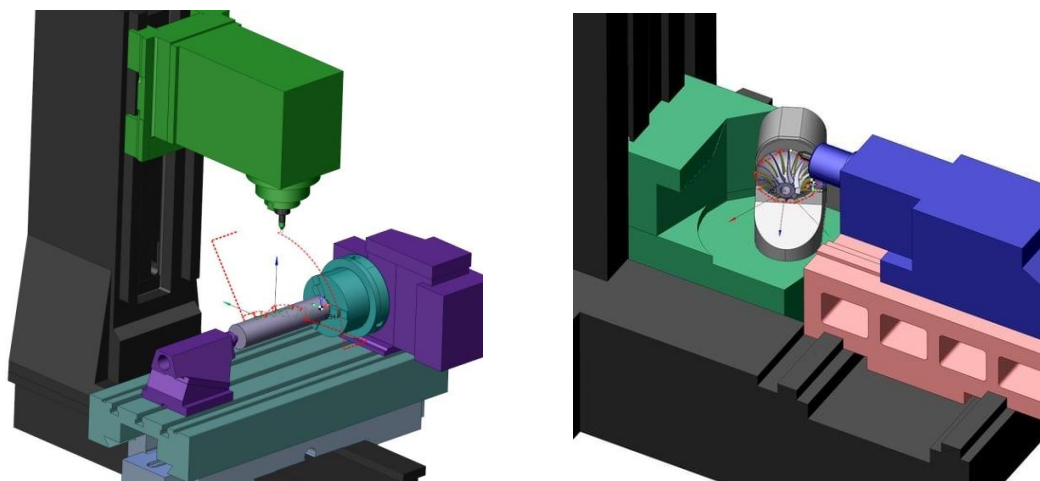


Рисунок 3 - Схемы готовых компоновок станков в SprutCAM

Преимуществом SprutCAM является то, что программист создаёт траекторию сразу в схеме станка, а не в абстрактном поле, как во многих САМ-системах. Траектория просчитывается сразу с учётом расположения детали, заготовки, оснастки, а также кинематики станка, поэтому постпроцессор в SprutCAM считается простым и относительно недорогим, среди других САМ-систем.

У SprutCAM имеется своя библиотека инструментов (рисунок 4) и, так называемые, «инструментальные ящики», которые подходят к конкретным станкам. В связи с этим можно использовать эти библиотеки прямо от производителей, что несомненно удобно. Разумеется, есть возможность сформировать свой инструмент, а также инструментальную оснастку. Далее можно самому рассортировать инструмент по каким-либо предпочтениям. Следует отметить, что система автоматически при первом расчёте траектории выбирает оптимальный режущий инструмент из имеющейся библиотеки, если он не был задан.

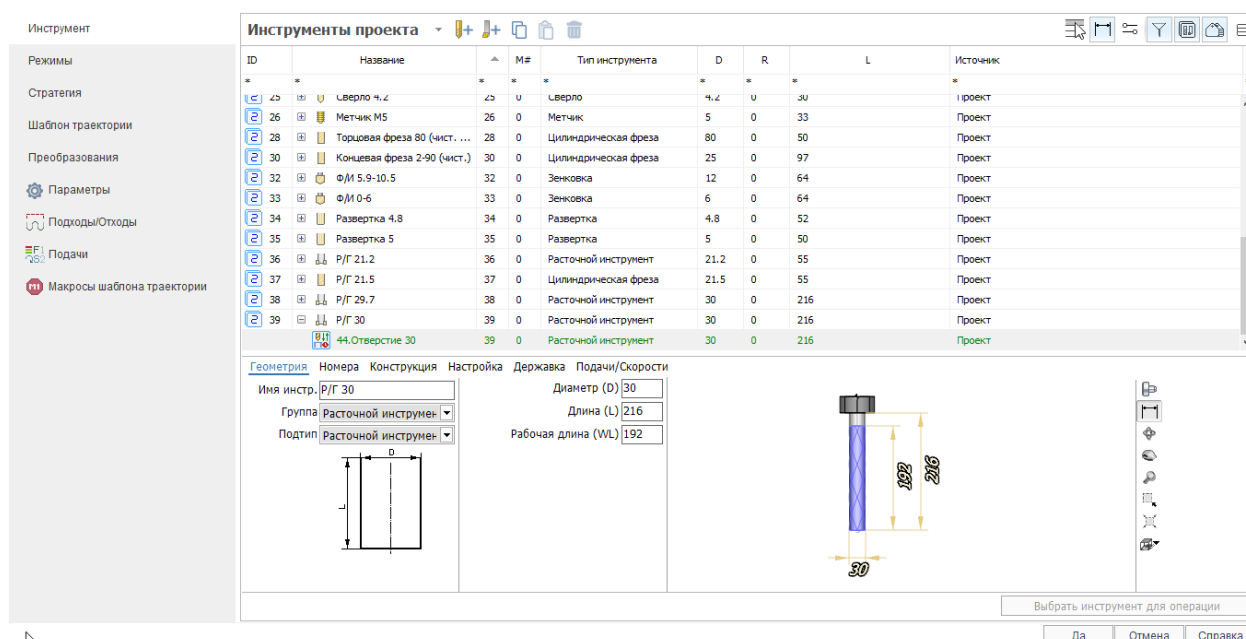


Рисунок 4 - Инструментальная библиотека SprutCAM

В SprutCAM также имеется современный мощный модуль симуляции обработки, позволяющий смоделировать процесс механической обработки детали на любом выбранном станке, либо предварительно спроектированном [4]. Возможность симуляции обработки позволяет улучшить условия обработки по различным критериям: трудоемкость, сохранности оборудования, стойкость инструмента и т.д. В режиме симуляции пользователь визуально следит за процессом обработки, с учетом перемещений всех узлов станка (рисунок 5). Кроме того, система, при помощи искусственного интеллекта, автоматически распознаёт и помечает строки программы, в которых видит врезания, зарезы, столкновения, а также неприемлемые режимы резания.

Модуль симуляции обработки имеет следующие возможности:

- визуальное наблюдение за процессом обработки;

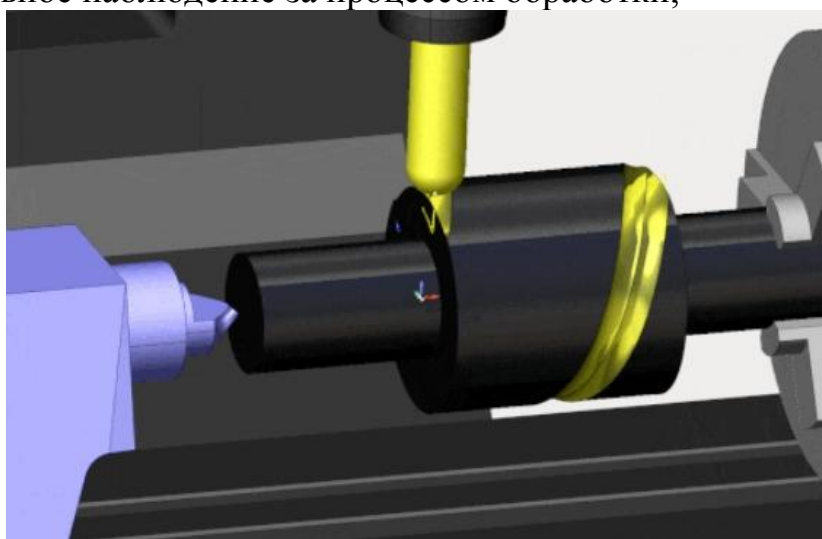


Рисунок 5 - Визуализация процесса обработки

- симуляция многоосевой обработки с учётом движения органов станка;
- максимально приближенная симуляция обработки модели даёт оценить качество обработанной поверхности, а также увидеть недочеты и устранить их;
- просмотр недоработанных поверхностей, возможный зарез модели (например, при недостаточной точности обработки, или отрицательном припуске);
- сравнение полученной модели с деталью.

В связи со всем вышеперечисленным, можно сделать следующий вывод, что программирование обработки в SprutCAM является не только наглядным, но и максимально приближенным к реальной обработке за станком, а последовательность действий для получения управляющей программы сокращается.

Список литературы

1 Киселёв, М. О. Внедрение в производство системы SprutCAM [Текст] // Гагаринские чтения 2017 : Тезисы докладов. - Москва : Московский авиационный институт, 2017. - С. 465 - 466.

2 Разработка и внедрение CAD/CAM/CAE/CAPP/MES систем [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://sprut.ru/products-and-solutions/products/SprutCAM>. - Загл. с экрана. - Проверено 27.12.2020.

3 Серегин, С. Г. Стандартные приемы программирования в генераторе постпроцессоров системы SprutCAM [Текст] //Аллея науки. - 2017, - Т.2. - №11. - С.497-502.

4 Comm IT Информационные системы управления [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://commit.name/index.php?MainShowID=203>. - Загл. с экрана. - Проверено 27.12.2020.

РАСЧЁТ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ В САЕ-СИСТЕМЕ

Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент,

Дружинин В. И., Яковлев Д. Е.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Станочные приспособления являются неотъемлемой частью как машиностроения, так и многих других производств и сфер жизни. Приспособления применяют на разных технологических этапах производства, где необходима жёсткая фиксация деталей и узлов: обработка металлов резанием, контроль, сборка и т.д.

Классификация станочных приспособлений на системы, отличающихся конструкцией, параметрами и способами агрегатирования элементов была введена в 70-е годы в Единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП). В ГОСТе 14.305-73 [1] впервые была дана классификация технологической оснастки на семь систем приспособлений:

- УСП - универсально–сборные приспособления;
- УСПО - универсально – сборная переналаживаемая оснастка;
- СРП - сборно–разборные приспособления;
- УНП - универсально-наладочные приспособления;
- СНП - специализированные наладочные приспособления;
- НСП - неразборные специальные;
- УБП - универсальные безналадочные приспособления.

Выбор системы технологической оснастки (станочных приспособлений) производится по коэффициенту загрузки приспособления операцией и продолжительности эксплуатации по схеме рентабельности систем технологической оснастки.

Конструкцию оснастки следует определять так же исходя из следующих параметров: габаритных размеров заготовок и её вида, характеристик материала, точности параметров и конструктивных характеристик поверхностей изделия, технологических схем базирования и фиксации изделий, характеристик оборудования и объёмов выпуска.

В данной работе было разработано станочное приспособление для установки заготовок детали «Корпус коллектора распределительного» (рисунок 1) для черновой, чистовой и тонкой обработки на четырёх координатном обрабатывающем центре с ЧПУ [2-4]. Базовым элементом приспособления является плита, на которую монтируют установочные и зажимные элементы. Заготовку базируют на призмы необработанными цилиндрическими поверхностями «лапками вбок». Одна из призм, помимо основной своей функции, выполняет роль опоры. Для того, чтобы исключить проворот заготовки вокруг координаты X, был спроектирован оригинальный подпружиненный опорный механизм.

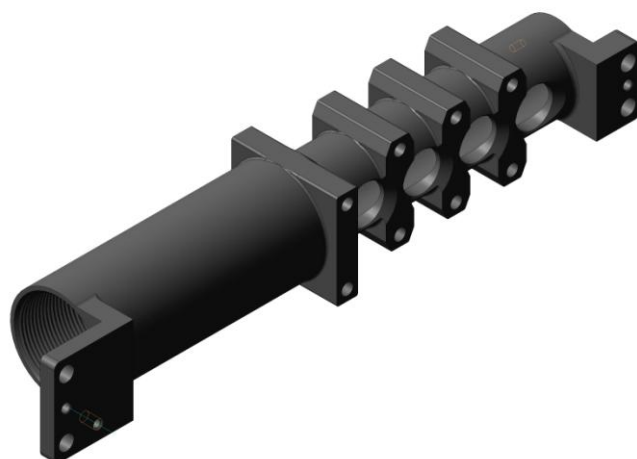


Рисунок 1 - Общий вид детали «Корпус коллектора распределительного»

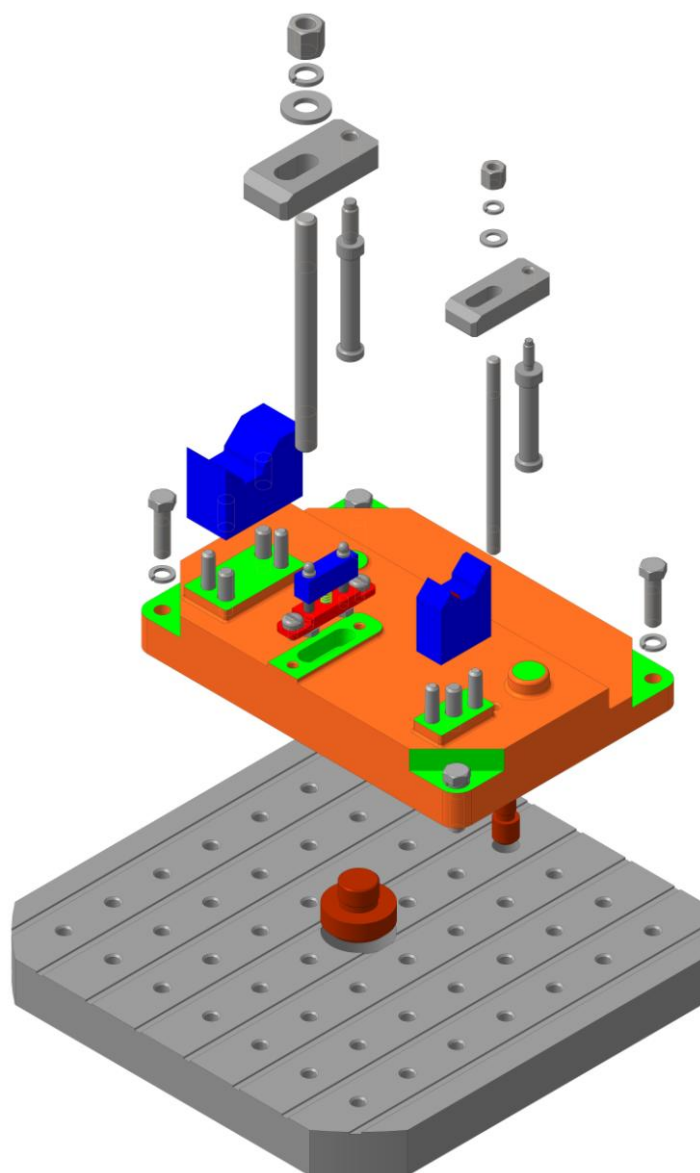
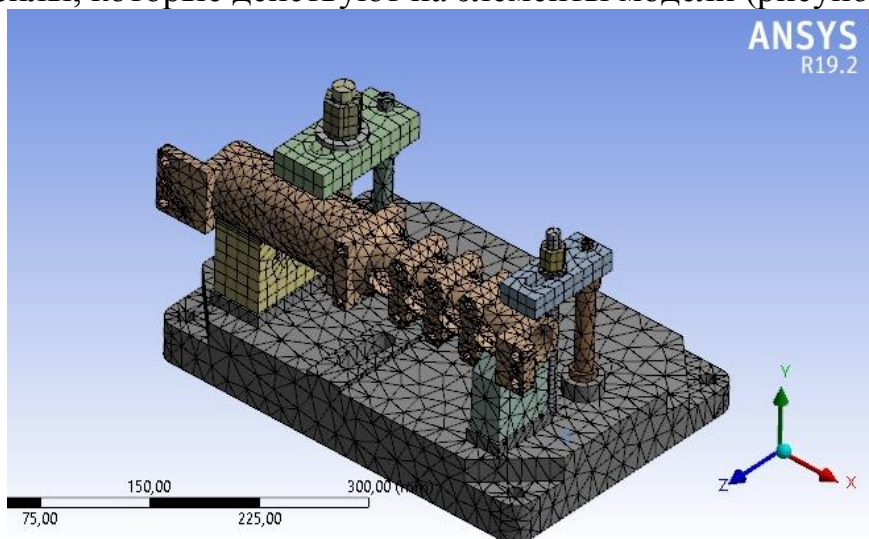


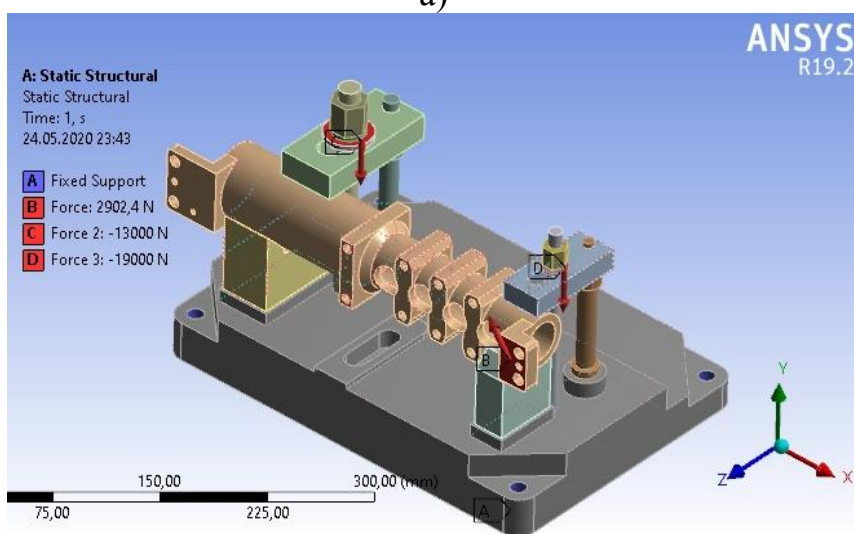
Рисунок 2 - Сборка станочного приспособления

При помощи данного станочного приспособления (рисунок 2) удаётся получить готовую деталь за одну операцию. Заготовку закрепляют двумя прихватами, сила зажима которым передаётся ручным способом с помощью гаек и шайб. Плиту базируют на палете станка по двум шпонкам и закрепляют вручную с помощью болтов. Величина зажима регулируется динамометрическим ключом.

Дополнительно был выполнен инженерный анализ станочного приспособления при помощи САЕ-системы ANSYS. Данная программа предназначена для моделирования и анализа разнообразных физических процессов, что позволяет обеспечить автоматизированное проектирования и технологическую подготовку производства новых изделий любой конфигурации. Для расчёта приспособления при помощи CAD-системы «КОМПАС-3D» была построена упрощённая 3D-модель, которую импортировали в программную среду. На следующем этапе были заданы сопряжения поверхностей, наложена сетка и приложены силы, которые действуют на элементы модели (рисунок 3).



а)

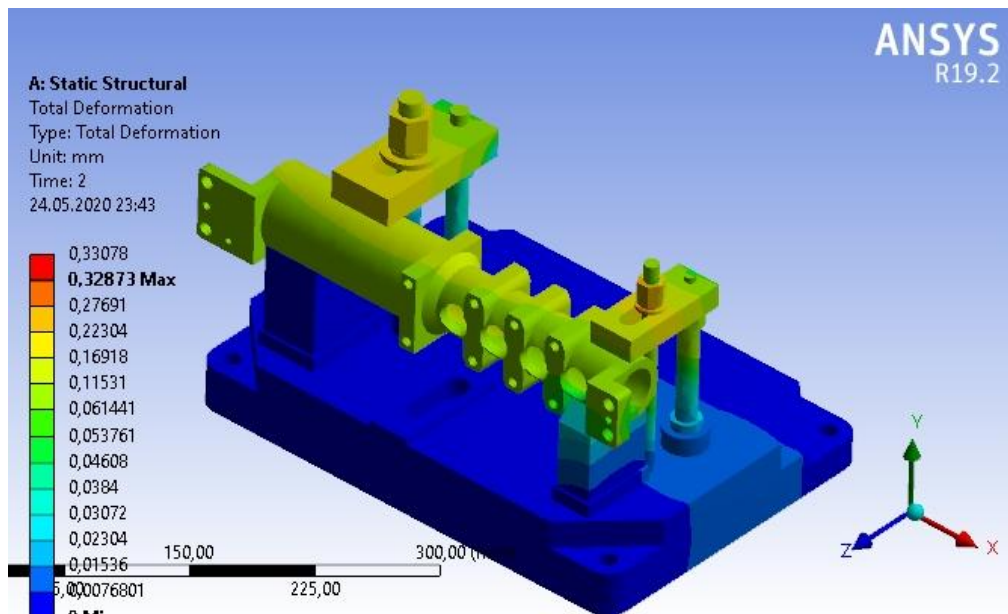


б)

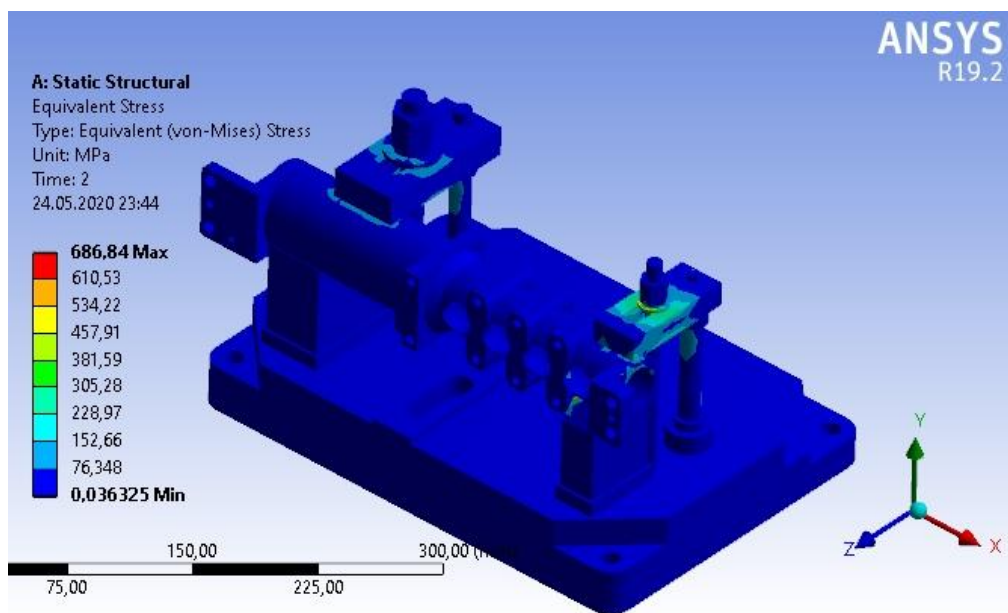
а - наложение сетки, б - приложение сил.

Рисунок 3 - Расчётная модель станочного приспособления

Результаты инженерного анализа станочного приспособления в среде САЕ-системы ANSYS представлены на рисунке 4.



а)



б)

а - контурное представление перемещений, б - распределение напряжений.

Рисунок 4 - Результаты инженерного анализа приспособления

Получив результаты анализа, можно сделать следующий вывод:

- перемещения, вызванные приложенными усилиями, находятся в допустимых пределах и позволяют получить готовую деталь с требуемой точностью, качеством поверхностей и указанными отклонениями и допусками;
- напряжения, возникающие в деталях модели, не превышают пределов текучести используемых материалов;

- в связи с тем, что напряжения, возникающие на шайбах, гайках и шпильках высоки, данные компоненты следует использовать высокого класса прочности.

В дальнейшем в рамках магистерской работы (по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств) планируется разработать методику расчёта специальных приспособлений для многоцелевых станков.

Список литературы

1 ГОСТ 14.305-73. Единая система технологической подготовки производства. - Введ. 1973-11-23. - Режим доступа: <http://rdocs3.cntd.ru/document/822906673> - Загл. с экрана. - Проверено 29.12.2020.

2 Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений : учебник для вузов 2-е изд., переработ. и доп. / В.С. Корсаков.— М.: Машиностроение, 1983. - 277 с.

3 Кузнецов, И. Ю. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / И.Ю. Кузнецов, А. Р.Маслов, А. Н. Байков. - 2-е издание, переработанное и дополненное. - Мн., 1990. - 511 с.

4 Фаскиев, Р.С. Проектирование приспособлений: учебное пособие / Р. С. Фаскиев, Е. В. Бондаренко. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. - 178 с.

ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАЗМЕРНОЙ НАСТРОЙКИ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКЕ С ЧПУ

Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент, Емельянов А. Д.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

С каждым годом спрос на высокоточные и прецизионные детали в машиностроении увеличивается в результате чего повышаются требования к качеству и точности обработки на станках с числовым программным управлением ЧПУ [1, 2]. На любом технологическом оборудовании допуск на обработку неизбежен, но он не должен выходить за допустимый диапазон. Поэтому при модернизации оборудования необходимо больше внимания уделять производительности, следовательно и уменьшению диапазона допусков у станков с ЧПУ.

Одна из основных задач станка с ЧПУ является исключение динамических погрешностей, то есть исключение человеческого фактора и статических погрешностей (систематических составляющих механической системы станка). Компенсация статических погрешностей происходит за счёт отработанных алгоритмов коррекции, которые присутствуют в каждой современной стойке станка с ЧПУ.

Чтобы алгоритмы компенсации начали работать, нужно произвести ряд измерений погрешностей у механической части станка, а именно осей станка. Также при выборе режущего инструмента необходимо произвести измерение рабочей части на микроскопе. После проведённых замеров заполняются таблицы в УЧПУ, в дальнейшем эти данные используются в алгоритмах коррекции для компенсации погрешностей.

Современное производство ставит более жёсткие требования к точности изготовления изделий. Из-за этой тенденции, требует обратить на себя внимание точностные характеристики механической системы станка. Хотя с каждым годом выпускаются всё более новые станки с большей производительностью и точностью, но и также модернизируются старые станки, ведь зачастую это дешевле и не сильно эти станки отличаются по производительности от новых.

Для достижения точности от нескольких микронов до десятка микрон требуется проводить проверки на погрешность станка и производить компенсацию. Наибольшую часть металлорежущих погрешностей составляют геометрические вибрационные и тепловые погрешности, а также погрешность на износ режущего инструмента.

При изготовлении любых теоретически сложных поверхностей, в точной механике, зачастую возникают затруднения при изготовлении деталей, особенно при мелкосерийном производстве. Это объясняется сложной формой поверхности и точностью размеров. Качественное изготовление таких деталей обеспечивают многоцелевые станки с ЧПУ, но при использовании некоторых технологических и программных решений. Под программными решениями

подразумевается коррекция положения инструмента, благодаря компенсации погрешностей размерной настройки инструмента [3 - 6].

Коррекция положения инструмента делится на два вида:

- коррекция на длину инструмента;
- коррекция на радиус инструмента.

Коррекция на длину инструмента.

Для токарных станков это расстояние от вершины режущего инструмента до базовой точки на revolverной головке. Для фрезерных станков - расстояние от базовой точки на шпинделе до вершины режущего инструмента. Данная коррекция распределяется по каждой оси и каждой позиции инструмента.

Коррекция на длину инструмента задаётся при помощи команды G43(G44) и словом D, которая работает до отмены. При необходимости эту функцию записывают перед каждой корректируемой координатой. Смещение в положительную или отрицательную сторону определяется G43(G44), а величина определяется самим словом D. Функция G43 является положительной, а функция G44 отрицательной, то есть применяются со знаками плюс и минус соответственно.

Функция G40 является функцией отмены коррекции для функций G43 и G44 и слово D по всем координатам, также команда D00 отменяет коррекцию только по заданной координате. Отмена коррекции для определённого кадра задается путём ввода этой функции в этом же кадре, в котором задаётся перемещение по конкретным координатам, либо же в следующем пустом кадре.

Коррекция на радиус инструмента.

Этой операции соответствуют функции G41 и G42, выбор которых зависит от положения инструмента относительно обрабатываемого контура. Если смотреть на инструмент по направлению его движения, то можно понять какую функцию задавать. К примеру, если размещение инструмента слева, то функция G41, а справа G42. Используя коррекцию на радиус инструмента, по одной программе можно обрабатывать разными диаметрами режущего инструмента, но если диаметры будут сильно отличаться, то коррекция может не сработать (все зависит от соотношения размеров детали и инструмента). Для выполнения компенсации программируется контур детали и в массиве компенсаций задаётся радиус инструмента. Номер коррекции прописывается под словом D. Вектор коррекции является двухразмерным, компоненты которого находятся в плоскости эквидистанты, а модуль - это радиус инструмента. Отмена этой коррекции является команда G40.

В рамках магистерской работы (по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств) планируется разработать рекомендации по повышению качества обработки на обрабатывающем центре MULTUS B200 II.

Список литературы

1 Темпель, О.А. Обзор факторов, влияющих на качество и точность механической обработки на станках с числовым программным управлением /

О.А. Темпель, Ю.А. Темпель // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов. – Тюмень, – 2016. – С. 351-354.

2 Лебедев, Д.А. Определение значимости факторов, влияющих на точность механической обработки деталей технологического оборудования вследствие тепловых деформаций // Старт в науку: актуальные вопросы техники и технологий: материалы II Ежегодная научная конференция студентов Технологического университета. – Москва, – 2017. – С. 149-155.

3 Основы разработки управляющих программ для станков с ЧПУ в системе Siemens NX: учебное пособие / М.С. Аносов [и др.]; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2019. - 110 с.

4 Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ. Система NX: учебное пособие/ А.Н. Поляков, И.П. Никитина, И.О. Гончаров. - Оренбург: ОГУ, 2016. - Ч.2 - 119 с.

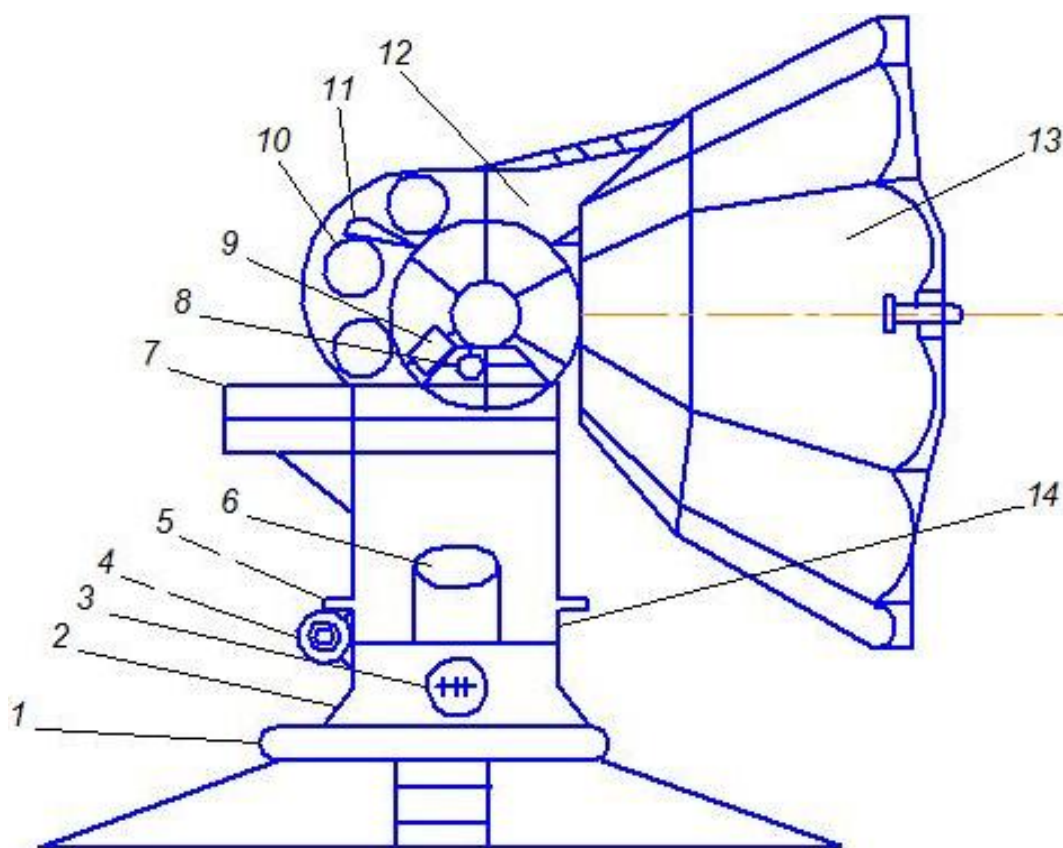
5 Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ. Система NX. Фрезерование: учебное пособие/ А.Н. Поляков, И.П. Никитина, И.О. Гончаров. - Оренбург: ОГУ, 2016. - 172 с.

6 Основы программирования фрезерной обработки деталей на станках ЧПУ в системе «Sinumeric»: учебное пособие/ А.Н. Поляков, А.Н. Гончаров, А.И. Сердюк, А.Д. Припадчев. - Оренбург: ОГУ, 2014. - 198 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АНТЕННЫ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «КЛЁН»

**Кожевников А. Ю., Марусич К. В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Командно-измерительная система (КИС) «Клён» предназначена для формирования потока электромагнитного излучения в заданном направлении для передачи или приёма сигналов с космических аппаратов [1]. Объект такого типа находится в Космическом Центре «Южный» (г. Байконур). Она входит в состав наземной станции, предназначенной для измерения текущих навигационных параметров, приема телеметрической информации, контроля и передачи командно-программной информации на космический аппарат. Упрощённая схема антенны [2] представлена на рисунке 1.



1 - рама закладная; 2 - основание; 3 - крышка люка; 4 - привод азимутальный; 5 - кожух зубчатого колеса; 6 - крышка люка; 7 - оборудование вспомогательное; 8 - привод угломестный; 9 - редуктор приборный; 10 - противовес; 11— упор; 12 - автоколлиматор; 13 - зеркальная система; 14 - электромонтаж.

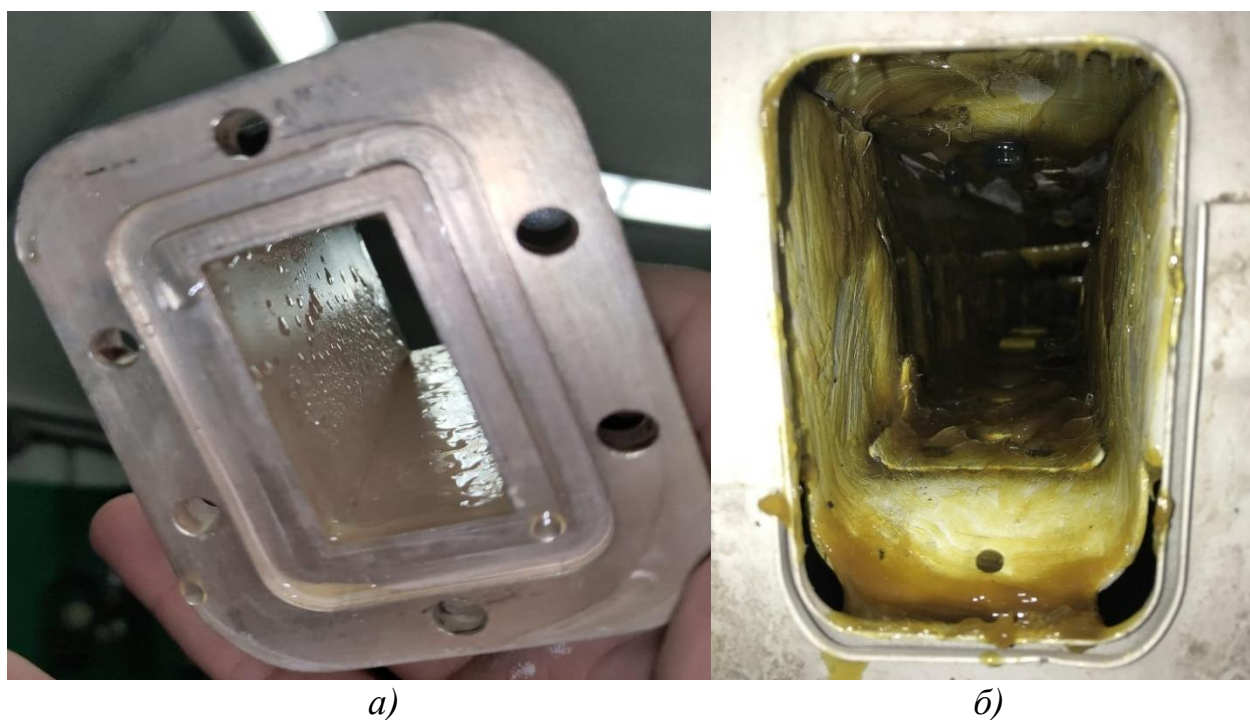
Рисунок 1 – Упрощённая схема антенной системы

Антенные системы дают нам возможность получать и передавать информацию со спутников и с международной космической станции. Возможно по-

лучать изображения земного пространства, что помогает многим организациям получать нужную информацию. Поэтому создание современных антенных систем выводит их на технически новый уровень.

В процессе эксплуатации, наблюдая за сигналом, который обеспечивает бесперебойную работу и чёткое выполнение команд отправленных на космический аппарат, было замечено, что сигнал стал изменяться в меньшую сторону. Во время первых двух месяцев наблюдался достаточно хороший сигнал, который соответствовал служебному назначению аппарата и составлял около 50 дБ, но после шести месяцев эксплуатации начал составлять от 30 до 35 дБ. Причина ухудшения сигнала была связана с волноводным трактом и специальным коммутирующим устройством, которое в свою очередь передаёт сигнал на антенную систему, а в дальнейшем на космический аппарат.

После проведения технического осмотра волноводов было выявлено, что причиной ухудшения сигнала является образование конденсата на их внутренней поверхности (рисунок 2). При длительной эксплуатации из-за конденсата на волноводах образовывается коррозия, что приводит к постепенному ухудшению сигнала.



а - в начале эксплуатации; б - после шести месяцев эксплуатации.

Рисунок 2 – Фото волновода

Дополнительно были проведены исследования на основании которых были построены две зависимости. Зависимость мощности сигнала от изменения окружающей температуры (рисунок 3) и зависимость влажности воздуха от времени года (рисунок 4).

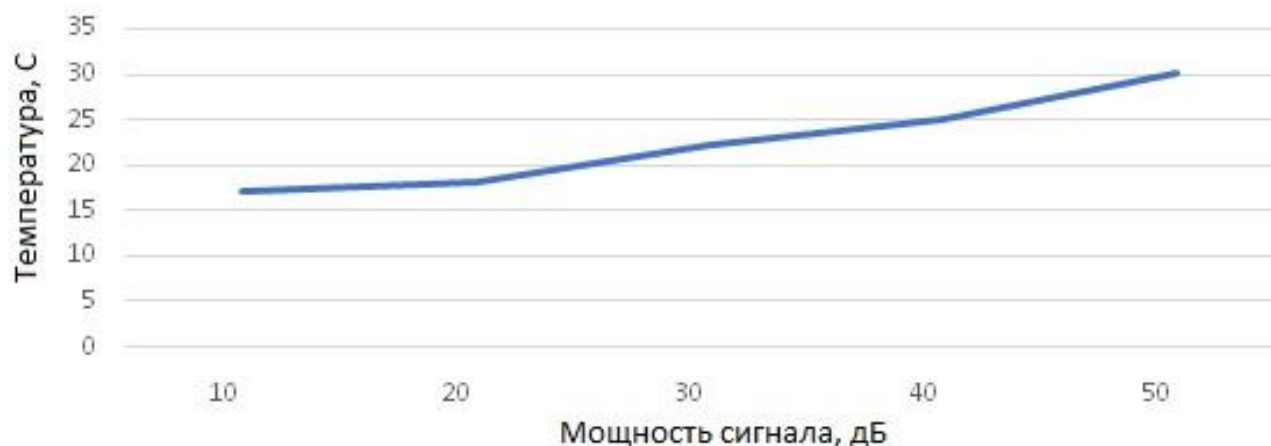


Рисунок 3 – Зависимость мощности сигнала от температуры

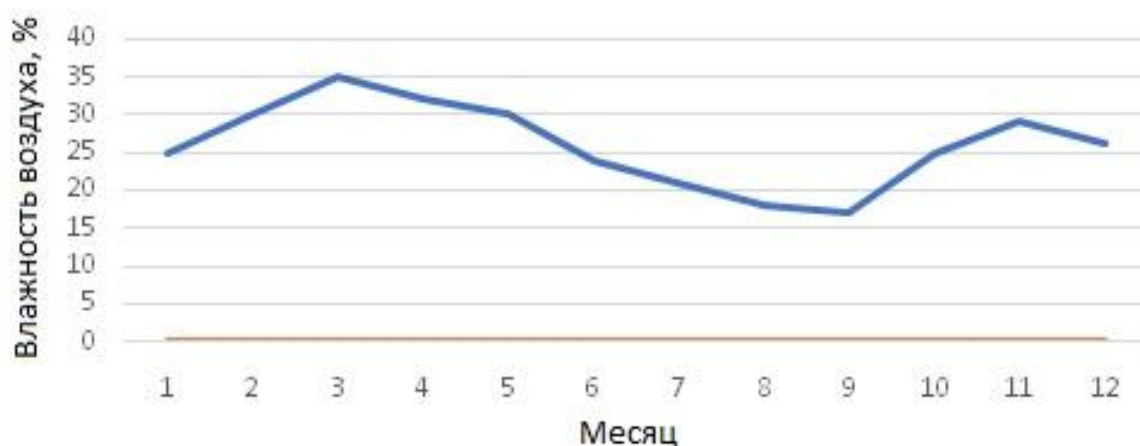


Рисунок 4 – Зависимость влажности воздуха от времени года

Чтобы устранить эти неисправности и восстановить сигнал, который соответствует допустимой эксплуатации, нужно внедрить систему, которая должна поддерживать микроклимат в волноводном тракте и препятствовать коррозионным изменениям внутренней поверхности волноводного тракта. Для этого необходимо минимизировать влажность воздуха и скапливание конденсата в специальном коммутирующем устройстве. Так же данная установка не должна отвлекать и привлекать к себе особого внимания обслуживающий персонал, т.е. должна быть автоматизированной, а лучше автоматической.

Лучшим средством для этого было бы организовать поступление в волноводный тракт сухого воздуха под давлением. Воздух смог бы препятствовать образованию конденсата, поддерживать минимальную влажность и увеличить срок эксплуатации волноводов. Для заявленных требований лучше всего подойдет дегидратор автоматический волноводно-кабельный МАД 220/50 (рисунок 5). Он предназначен для осушки воздуха, засасываемого из атмосферы, и подачи его под давлением в линию потребления [3]. В нашем случае линия потребления - это волноводный тракт антенной системы.



а)



б)

а - внешний вид; б - вид внутри корпуса.

Рисунок 5 – Дегидратор автоматический МАД 220/50

В рамках магистерской работы планируется минимизировать скопление конденсата в волноводном тракте и специальном коммутирующем устройстве с помощью дегидратора автоматического МАД 220/50. Это планируется достичь за счет выполнения следующих задач:

- обзор конструкции командно-измерительной системы «Клён»;
- анализ способов повышения эксплуатационных свойств системы;
- модернизация системы подачи воздуха в волноводный тракт и специализированное коммутирующее устройство.

В результате работы планируется поднять уровень прохождения сигнала по волноводному тракту и приёму сигнала на космическом аппарате, что улучшит выдачу командно-программной информации его текущих навигационных параметров.

Список литературы

1 АО «ИСС» имени академика М.Ф. Решетнёва» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iss-reshetnev.ru/media/news/news-150109-2>. – Загл. с экрана. – Проверено 24.12.2020.

2 Кожевников, А. Ю. Проект модернизации системы управления антенной [Электронный ресурс] / А. Ю. Кожевников, К. В. Марусич // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : сб. материалов IX Всерос. конф. с междунар. участием; гл. ред. А. И. Сердюк. - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2019. - С. 613 - 616.

З ООО «ЭксИмп» - официальный дилер производителей промышленного оборудования АУСКИД, МАД, МКСУ, контакторы, дегидраторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eksimp.ru/product/34-madi-auskidi/53-ma>. – Загл. с экрана. – Проверено 24.12.2020.

РАЗНООБРАЗИЕ ВНУТРЕННИХ ПРОЦЕССОВ ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОЛИМЕРА ПО ЗОНАМ ЭКСТРУДЕРА

**Марусич К.В., канд. техн. наук, доцент,
Сокольников А.В.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Современные свойства полимеров и композиционных материалов дают большие перспективные возможности развития и изготовления различной продукции, применяемой в отраслях разносторонней промышленности, народного хозяйства и в повседневном укладе жизни каждого человека [1].

Слово обработка сырья включает в себя глубокую инженерную идею, связанную с трансформацией исходного материала в конечное изделие. Различные технологии, используемые для переработки данного сырья, являются аналогом большой группы методов, используемых в различных отраслях современной полимерной промышленности. Самым главным методом считается экструзия, также есть каландрование, отливка, прямое прессование, литьё под давлением, пневмоформование, термоформование, вспенивание, армирование, формование из расплава и твёрдофазное формование. Появление экструзии способствовало воплощению в жизнь новых инновационных идей, через конкретные действия для их реализации.

Полимерные материалы - это наиболее важнейший класс современных материалов на основе высокомолекулярных соединений (полимеров и олигомеров), обычно они бывают или многокомпонентные или многофазные.

Композиционные материалы (композиты) (от лат. compositio - составление), - это материалы, состоящие из двух или более компонентов (армирующих элементов в закрепляющей их матрице) и обладающие свойствами, отличными от суммарных свойств компонентов [2 - 5].

Термин «полимерия» был введен в науку И. Я. Берцелиусом в 1833 г. для обозначения особого вида изомерии, при которой вещества (полимеры), имеют одинаковый состав и обладают весьма различной молекулярной массой [6].

По своему происхождению полимеры делятся на три группы: природные, искусственные и синтетические. Сильной стороной полимерных материалов является - это их низкая стоимость, плотность и теплопроводность, сравнительная простота и малая энергоёмкость и малоотходность в получении и переработки, а также высокая производительность и стойкость к агрессивным средам в атмосфере и радиационным воздействиям и ударным нагрузкам и высокие адгезионные, оптические, радио- и электротехнические свойства. А слабой стороной полимерных материалов является это их низкая тепло- и термостойкость, склонность к ползучести и релаксации напряжений, а также к большой тепловой расширяемости и с возможностью - гореть. Также они отличаются широкими возможностями регулирования состава, структуры и самих свойств состо-

яния.

Данные предоставленные оценочными экспертами показывают, что внутреннюю часть изделий, а это более 60 % изготавливаются методом экструзии с применением экструдеров в составе различных технологических комплексов.

В нашем случае, данная машина является главным агрегатом используемая в поточной линии по нанесению двух или трёх-слойной антикоррозионной изоляции при помощи экструдированного полиэтилена на стальные трубы с диаметром от 57 до 426 миллиметров. Его работа заключается в перемешивании получаемой им полимерной массы, с последующим её формированием в форму плёнки при помощи фильеры [7].

Слово «Экструзия» произошло из латинских слов: «ex» и «truder», означающих «наружу» и «толкать», что в буквальности смысле формулирует непрерывный технологический процесс экструзии. Расплав с высокой вязкостью и жидкой тягучей массой, попадает в формующую экструзионную головку и при помощи выходного канала ему придаётся нужная геометрическая форма. Получаются любые изделия к примеру: изоляционная плёнка, трубы, шланги, листы, прутки, волокна и другие. На сегодня экструзионному процессу подвержены практически все основные типы полимерных материалов, как термопласты и реактопласты, а также эластомеры [8].

Экструдирование - это особый способ обработки сырья, при котором оно подвергается механическому воздействию (измельчению) в винтовой части экструдера. Процесс экструзии классифицируются на 3 группы:

- холодное формование (холодная экструзия);
- теплая обработка и формование при низком давлении (теплая экструзия);
- тепловая обработка и формование при высоком давлении (горячая экструзия).

В нашем случае используется третья группа для получения изоляционной плёнки из полимерной группы материалов.

Метод экструзии почти одинаков для большинства видов полимеров. Но температура плавления у каждого своя. Производители полиэтиленовой плёнки для того, чтобы точно определить температуру, при которой плавится тот или иной вид термопластов, пользуются расчётными номограммами. Чаще всего для плавки применяют такие термопласты, как: полиэтилен, полистирол, полипропилен, поливинилхлорид и полиформальдегид.

При плавлении плавящегося вещества, температура плавления может колебаться в довольно большом диапазоне. Так, полиэтилен плавится при температуре от 100 до 125 °С, а различные виды полипропилена могут желать температуру от 80 до 170 °С. Это обусловлено составом полимеров, а также условиями проведения процесса экструзии, который требует от изготовителя плёнки высоких профессиональных знаний и определённых навыков. К примеру, поли-

карбонат и полиметилметакрилат - это полимеры с высокой вязкостью, которые при неосторожном превышении температуры, могут потерять свои ключевые прочностные свойства [9 - 11].

В экструдере полимерный материал: сначала расплавляется, потом пластифицируется, а затем выдавливается через формующую головку [12].

На сегодняшний день известны два основных способа выпуска полиэтиленовой плёнки: метод выдувной экструзии и метод плоскощелевой экструзии, в нашем случае последний. В экструдере происходят сложные химические и физические процессы - это нагрев гранул полимера, экструзия и гомогенизация получаемого расплава [13].

Технологический процесс экструзии складывается из трёх этапов: последовательного перемещения материала вращающимся шнеком и продавливания расплава по каналу к формующей головке с последующим охлаждением экструдата. По характеру процессов, протекающих на каждом из участков шнека, схему работы экструдера можно разделить на три основные зоны, показанные на рисунке 1.

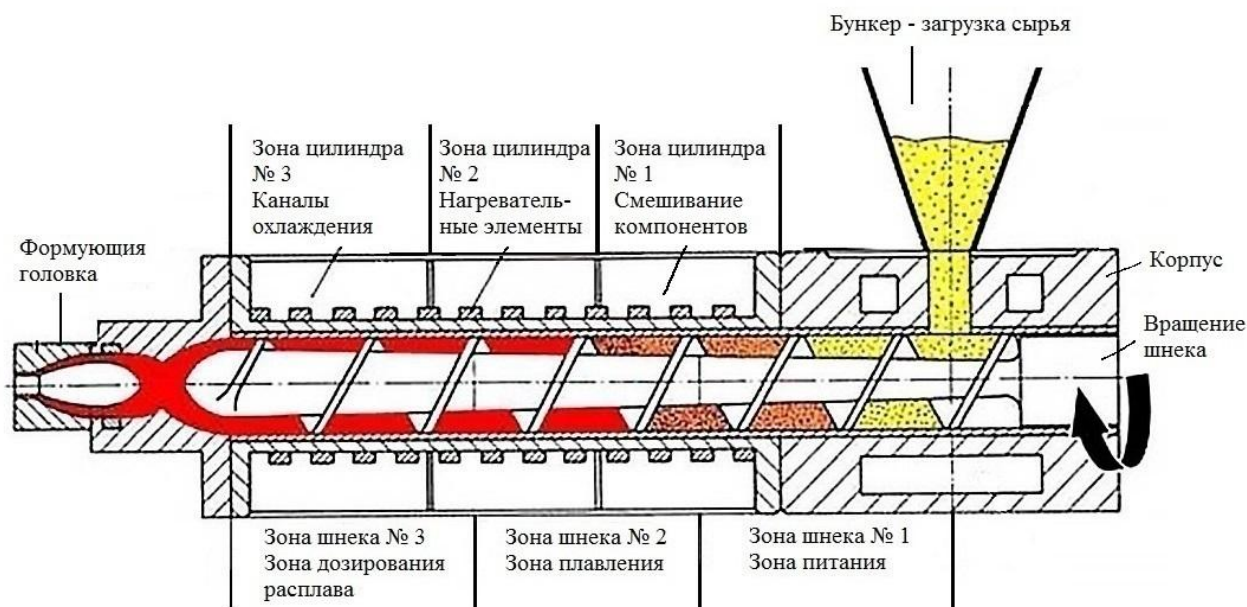


Рисунок 1 - Условная схема движения сырья по трём зонам экструдера

Зона питания (или зона загрузки) - участок, на котором перерабатываемый полимер находится в твёрдом состоянии. Зона сжатия (или зона плавления) - участок, на котором почти полностью происходит плавление полимера. Зона дозирования расплава - участок, на котором полимер находится в расплавленном вязкотекучем состоянии. Рассмотрим, ниже зоны обработки полимера в отдельности [14 - 24].

Зона шнека № 1 - Зона питания.

В экструдере через дозирующее устройство происходит загрузка одного или нескольких компонентов полимерного сырья. На первом этапе смешивания компонентов во избежание получения «козла» (когда гранулы слипаются в

один комок и застревают во входном отверстии), чтобы этого не допустить, делаются полости для циркуляции охлаждающей воды. В зоне загрузки создаётся воздушная камера для охлаждения экструдера во время его работы. Далее поступающее сырьё, через загрузочный бункер, попадает в цилиндр экструдера, где сразу же увлекается вращающимся шнеком.

При движении полимера по направлению оси шнека к экструзионной головке, в камерах создаётся высокое гидростатическое давление, а в местах контакта гранул с цилиндром и шнеком экструдера, возникают силы трения. В результате появляется теплота, которая передаётся рабочему материалу. Также тепло проникает извне через стенки цилиндра и оно намного выше температуры загрузочного сырья. Важно соблюдать температурный контроль для стенок цилиндра в этой зоне. Если создать температуру выше среднего, тогда материал расплавится раньше времени и будет проскальзывать и вращаться вместе со шнеком, что не даст его дальнейшему продвижению. При правильной подобранной температуре поначалу образуется длинная пробка, которая в дальнейшем проталкивается за счёт сил трения по винтовому каналу шнека. Длина пробки должна иметь приличную длину, чтобы её продвижение было нормальным. С каждой долей движения по миллиметру, пробка становится всё твёрже, давление выше и на соприкасающейся с внутренней стороны стенки цилиндра и разогретого материала образуется тонкий слой расплава. Понемножку толщина слоя увеличивается и сравнивается с размером зазора между стенкой корпуса и гребнем шнека. Начинается соскабливание слой расплава со стенок цилиндра, при этом собирая его перед толкающей идущей гранью. Это сечение шнека является переходной точкой из зоны питания в зону плавления.

Основные регулируемые технологические параметрами при экструзии:

- частота вращения червяка (шнека);
- продольное распределение температуры по зонам экструдера;
- расход исходного материального сырья - полимера.

Зона шнека № 2 - Зона плавления.

В этом месте пробка расплавляется за счёт подводимого тепла от стенок корпуса и выделяющегося тепла от вязко-тонкого расплава. По мере продвижения к выходу пробка уменьшается, а количество расплава увеличивается. При этом высота пробки остаётся такая же, а её ширина по мере движения шнека постепенно уменьшается. Это происходит до тех пор, пока ширина пробки не станет очень малой и циркуляционное течение потока расплава, не разрушит её путём дробления на мелкие части. В точке, где начинается дробление пробки, это место можно считать концом зоны плавления и началом зоны дозирования расплава.

Зона шнека № 3 - Зона дозирования расплава.

Движение расплава происходит за счёт возникающих сил вязкого трения, возникающих между винтовым движением шнека и стенок цилиндра. Данный момент с научной точки зрения можно объяснить, как сумму двух независимых между собой движений: поступательное течение расплава, вдоль оси шнека и циркуляционное течение расплава, в виде круговых движений в плоскости, к

оси перпендикулярной шнеку. Температура расплава и плавления при переходе в эту зону имеют одинаковые величины. Но продвигаясь далее, температурные показатели расплава значительно растут, от теплового воздействия снаружи и интенсивной деформации внутри. Циркуляционное течение и сдвиговая деформация гарантирует хорошую гомогенизацию расплава, это помогает выравнять температуру и использовать экструдер, как эффективную машину для смешивания различных сырьевых компонентов. Длившийся процесс подходит к концу и оставшиеся мелкие частицы пробки окончательно расплавляются, что позволяет температуре принять более равномерно - стабильные значения. Режим стабильной работы экструдера, зависит от правильно выбранной температуры расплава в заданном месте сечения экструзионной головки и должного времени пребывания в нём для тщательного прогрева и окончательной гомогенизации расплава.

Заключительное движение расплава в сторону экструзионной головки перед выходом через формующий инструмент приходится на пакет сквозь фильтрующие сетки, предназначенные для удерживания инородной примеси и не расплавленных частичек расплава. Не прошедшие во время не расплавленные частички остаются на сетках, что даёт им время расплавиться и пройти через некоторое время, а посторонняя накопившиеся инородная примесь удаляется потом при плановой замене сеточного фильтра. И вот расплав достигает своей конечной цели, попадая в экструзионную головку и продавливаясь через формующий канал, приобретает геометрию конечного изделия. После этого для получившегося готового продукта в нашем случае это полимерная плёнка, требуется окончательное её расположение - на стальной трубе и фиксирование её геометрии при помощи прохождения через дополнительный участок охлаждения. Заклучительным этапом является калибровка готовой изделия в нашем случае это проверка всех норм качества нанесённого изоляционного покрытия - защитного полиэтилена на стальной трубе.

Целью магистерской работы (по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств) - является повышение эффективности экструзионного участка линии изоляции стальных труб. Повысить эффективность экструзионного участка в работе планируется за счёт автоматизации всех узлов экструдера. Для этого будет установлена современная система контроля для задания и поддержания точного температурного режима плавления полимера в каждой из трёх зон экструдера. Дополнительно также планируется внедрить контрольно-измерительные и регулирующие устройства для стабилизации плавной и непрерывной работы экструдера при получении изоляционной полимерной плёнки.

Список литературы

1 Михайлин, Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. - СПб.: Научные основы и технологии, 2008. - 822

с.

2 Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник / А. А. Батаев, В. А. Батаев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 384 с.

3 Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: уч. пособие / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. - СПб.: Профессия, 2008 - 560 с.

4 Композиционные материалы: Справочник / Под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990. - 510 с.

5 Промышленные полимерные композиционные материалы / Под ред. П.Г. Бабаевского. - М.: Химия, 1980. - 472 с.

6 Энциклопедия полимеров в 3 т. / Под ред. В.А. Кабанова и др. - М.: СЭ, Т.1. - 1972 - 1224 с., Т.2. - 1974 - 1032 с., Т.3. - 1977. - 1152 с.

7 Техника переработки пластмасс / Под ред. В.И. Басова, В. Броя. - М.: Химия, 1985. - 517 с.

8 Раувендааль, К. Экструзия полимеров. – СПб.: Профессия, 2008. - 768 с.

9 Моделирование и оптимизация экструзии полимеров / В.В. Скачков, Р.В. Торнер, Ю.В. Стунгур, С.В. Реутов. - Л.: Химия, 1984. - 152 с.

10 Фишер, Э. Экструзия пластических масс: Пер. с англ. / Э. Фишер; Под ред. С.И. Гдалина. - М.: Химия, 1970. - 288 с.

11 Моделирование и оптимизация экструзии полимеров / В.В. Скачков, Р.В. Торнер, Ю.В. Стунгур, С.В. Реутов. - Л.: Химия, 1984. - 152 с.

12 Груздев, И.Э. Теория шнековых устройств / И.Э. Груздев, Р.Г. Мирзоев, В.И. Янков. - Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1978. - 144 с.

13 Тадмор, З. Теоретические основы переработки полимеров / З. Тадмор, К. Гогос. - М.: Химия, 1984. - 632 с.

14 Мак-Кельви, Д. М. Переработка полимеров. - М.: Химия, 1965. - 444 с.

15 Мидлман, С. Течение полимеров. - М.: Мир, 1971. - 260 с.

16 Торнер, Р.В. Теоретические основы переработки полимеров (Механика процессов). - М.: Химия, 1977. - 464 с.

17 Тадмор, З. Теоретические основы переработки полимеров: Пер. с англ./З. Тадмор, К. Гогос; Под ред. Р.В. Торнера. - М.: Химия, 1984. - 632 с.

18 Perwadtschuk, W.P. Aufschmelzprozesspolymerer Materiellen im Plastizier-extruder / W.P. Perwadtschuk, E.-O. Reher, N.M. Trufanowa, W.I. Jankow // Plast u Kautschuk. - 1986. - Bd. 33. - № 3. - S. 102-105.

19 Бортников, В.Г. Основы технологии переработки пластических масс. - Л.: Химия, 1983. - 304 с.

20 Хан, Ч. Д. Реология в процессах переработки полимеров. - М.: Химия, 1979. - 368 с.

21 Оборудование для переработки пластмасс: Справ. пособие / Под ред. В.К. Завгороднего.- М.: Машиностроение, 1978. - 192 с.

22 Бернхардт, Э. Переработка термопластичных материалов: Пер. с англ. / Э. Бернхардт; Под ред. Г.В. Виноградова. - М.: Химия, 1965. - 747 с.

23 Гуль, В. Е. Структура и механические свойства полимеров / В. Е. Гуль,

В. Н. Кулезнев. - М.: Высш. шк., 1982. - 320 с.

24 Освальд, Т. Литье пластмасс под давлением / Т. Освальд, Л. Ш. Тунг, П. Дж. Грэманн. - СПб.: Профессия, 2006. - 712 с.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Медведева Н.Ю.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

В процессе эксплуатации конструкция воздушного судна (ВС) подвергается различным повреждениям вследствие воздействия каких-либо эксплуатационных нагрузок, условий окружающей среды, технического персонала обслуживающего ВС и ряда других причин. Последствия возникновения повреждений могут быть различными, от незначительных до катастрофических.

Повреждения, встречающиеся в полимерных композиционных материалах (ПКМ), можно разделить на наружные (поверхностные) и внутренние. Наружные повреждения незначительно влияют на механические свойства материалов период эксплуатации. Их необходимо устранять, поскольку нарушение наружной поверхности материала может в дальнейшем способствовать проникновению агрессивных сред в армирующий материал, что, в последствии, в конечном итоге, сократит срок службы конструкции.

Внутренние повреждения материала изменяют физико-механические свойства ПКМ, их важно выявить в конструкциях. К внутренним повреждениям относятся: изменение весового соотношения смолы и волокна; воздушные включения (расслоения) в материале; трещины в материале; посторонние включения и др.

Также повреждения могут классифицироваться в зависимости от того, на каком этапе жизненного цикла изделия они проявляются, на производственные и эксплуатационные.

Эксплуатационные повреждения связаны с развитием технологических повреждений от воздействия климатических факторов и условий нагружения и приобретенные повреждения от внешних воздействий. К внешним воздействиям могут относиться различные ударные повреждения, царапины, вызванные аварийными ситуациями или небрежным техническим обслуживанием. Чаще всего расслоения в конструкции вызывает именно ударное воздействие, а не износ в процессе эксплуатации. Отдельные повреждения могут образовываться при попадании внутрь материала воды, которая с набором высоты замерзает и расширяется, вызывая растрескивание матрицы.

К эксплуатационным повреждениям относятся повреждения в конструкциях, вызванные ударным воздействием:

- вмятина (наличие деформации в материале в зоне повреждения);
- закрытые трещины, которые разделяются на сквозные (например, в обшивке) и трещины с внутренней стороны зоны ударного воздействия;
- открытая трещина (наличие остаточных деформаций в зоне повреждения с частичным разрушением волокон армирующего материала);

– пробоина, разрыв (для тонких обшивок), нарушение целостности материала с полным разрушением волокон в зоне удара и растрескиванием связующего в прилегающей зоне.

Повреждения делятся на четыре основные группы:

- Механические воздействия;
- Термические воздействия;
- Химические и электрохимические реакции;
- Металлургические включения.

Повреждения бывают следующих видов: эрозия, фреттинг, вмятина, царапина, задира, канавка, трещина, отслоение, расслоение, прокол, прогар, деформация, коррозия, насыщение жидкостями, проникающее повреждение.

Чтобы обнаружить повреждения на конструкции, необходимо провести тщательный осмотр места повреждения. Существуют следующие виды осмотров: общий визуальный; детальный визуальный осмотр; детальная проверка с использованием методов неразрушающего контроля (НК).

Конкретный метод контроля подбирается в зависимости от разнообразного количества факторов. Это может зависеть от времени, которое будет затрачено на контроль обследуемой конструкции, степень необходимой точности измерений, возможность автоматизации процесса контроля и т.д. Все эти методы не определяют значения параметров материалов, а применяются для выявления повреждений, возникших в процессе эксплуатации детали.

Исходя из практики НК КМ, для выявления повреждений нашли применение практически все методы и способы контроля. Наиболее информативным методом, является применение одновременно нескольких методов контроля, что значительно увеличивает информативность и качество контроля. Также, используемые методы контроля могут применяться как по отдельности, так и в комплексе.

Ниже приведены наиболее распространенные методы контроля, применяемые при дефектоскопии изделий из ПКМ на различных этапах жизненного цикла.

1. Ультразвуковой метод контроля (УЗК). Метод позволяет выявить трещины, отслоения, нарушение связей, а также скопление жидкости в компонентах из металла или композитов.

2. Импендасный контроль. Метод НК применяется при контроле.

Импедансный метод – вид НК, основанный на возбуждении в объекте контроля упругих колебаний и анализе изменений механического импеданса участка поверхности этого объекта.

3. Термографический контроль – вид теплового НК, основанный на регистрации изменений тепловых или температурных полей контролируемых объектов, вызванных повреждениями. Измеряемым информативным параметром является температура или тепловой поток.

4. Контроль методом свободных колебаний заключается в "простукивании" конструкции специальным молоточком и анализе "на слух" характера зву-

чания не поврежденных областей и зон отслоений обшивки от сотового заполнителя.

Основное условие при проведении восстановления в авиации – это восстановление исходных данных прочностных и аэродинамических характеристик ВС.

Первое требование к восстановлению любой конструкции из ПКМ заключается в восстановлении необходимой жесткости и прочности конструкции. Значение восстановленной жесткости должно быть приближено к значению жесткости исходного материала, т.к. значительное снижение или ее увеличение отрицательно влияют на характеристики всей конструкции.

Второе требование к восстановлению конструкции из ПКМ заключается в обеспечении качества аэродинамической поверхности.

Материалы, используемые для восстановления конструкций из ПКМ, после их технологической обработки должны быть совместимы с условиями окружающей среды.

Применяемые материалы и методы восстановления должны обеспечить долговечность конструкции в течение всего срока эксплуатации ВС.

В процесс восстановления конструкции входят следующие основные этапы:

- оценка зоны (границ) и типа повреждения;
- определение типа материала и геометрических параметров поврежденной конструкции;
- подбор соответствующего метода восстановления.

Выбор марок материалов (герметиков, тканей, препрегов, клеев, сотовых заполнителей) для проведения восстановительных работ зависит от вида и размеров повреждения в конструкции, условий эксплуатации изделия и условий проведения восстановительных работ. С целью максимального восстановления прочности конструкции для проведения восстановительных работ необходимо применять марки материалов, из которого была изготовлена восстанавливаемая конструкция.

Все материалы, применяемые для восстановления конструкции, подлежат перед применением контролю при поступлении в производство.

Для обеспечения качественного восстановления необходимо выполнить комплекс подготовительных работ. К ним относятся, обеспечение температурно-влажностного режима в помещении, принять меры по предотвращению конденсации на области восстановления, инструменты и оборудование должны быть в чистом и работоспособном состоянии, область выполнения восстановления очищена от пыли, чистая и сухая.

При работе с ПКМ, важно помнить, что существуют существенные угрозы здоровью. Необходимо знать и соблюдать требования безопасности, чтобы предотвратить любые угрозы.

Заключительным этапом после восстановления конструкции из ПКМ является контроль качества восстановления, методами НК. Прежде чем определить, каким методом выполнять контроль, необходимо получить все записи, ка-

саемо технологии восстановления данной конструкции. По возможности получить инженерные чертежи, на которых показана конструкция детали в зоне восстановления. Результаты осмотра (контроля) заносятся в протокол.

Список литературы

- 1 Ривин, Г. Л. Ремонт конструкций из полимерных композиционных материалов летательных аппаратов: учебное пособие. –Ульяновск: УлГТУ, 2000.– 75 с.
2. Электронный ресурс – <http://www.sukhoi.org/>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ НЕОДНОРОДНОСТИ МАТЕРИАЛА

**Морозов Н.А., канд.техн.наук, доцент, Деревянкина С.Н.
Власов Ю.Л., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»,
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Оренбурге**

В механике деформируемого твердого тела одной из гипотез является предположение об однородности свойств материалов. Эта гипотеза позволяет не учитывать естественную неоднородность конструкционных материалов на микроуровне. Однако при расчете многих конструкций необходимо принимать во внимание не только естественную неоднородность, возникающую вследствие наличия дефектов кристаллической решетки, включений, микропор, но наличие в объектах макронеоднородностей (дефектов, возникающих при металлургическом производстве, обработке, сварке, закалке, эксплуатации, и других макродефектов), приводящих к существенному перераспределению напряжений в материале. Учет изменения механических характеристик материала по объему деталей необходим при определении их несущей способности, а также для определения критических нагрузок. Таким образом, вопросы, связанные с моделированием напряженно-деформированного состояния деталей, имеющих неоднородности материала, являются весьма актуальными.

Если в какой-то области детали имеются дефекты, очевидно, что прочностные и жесткостные характеристики материала данной области будут отличаться от таких же характеристик всей детали. Причем, если макродефекты можно в детали смоделировать можно, что при большом их количестве будет достаточно трудоемким процессом, то моделирование микродефектов не представляется возможным. Кроме того, предлагаемая методика моделирования, на наш взгляд, должна позволять не только просчитывать параметры напряженно-деформированного состояния с помощью метода конечных элементов, но и позволять оценить прочность и жесткость деталей достаточно простыми расчетными формулами.

Учитывать структурную неоднородность материала детали при моделировании предлагается путем разбиения детали на объемы материалов, имеющих различные модули Юнга.

Моделирование проводилось в Autodesk Inventor. Моделировался однородный стальной стержень длиной 1000 мм, имеющий размеры прямоугольного сечения: ширина – 60 мм, высота – 80 мм (рисунок 1). Исследовалось напряженно-деформированное состояние стержня для случая консольного закрепления при нагружении вертикальной изгибающей силой, приложенной к свобод-

ному концу и равной 5 кН. Величины напряжений и деформаций стержня представлены на рисунках 2 и 3.



Рисунок 1 – Твдотельная модель стержня

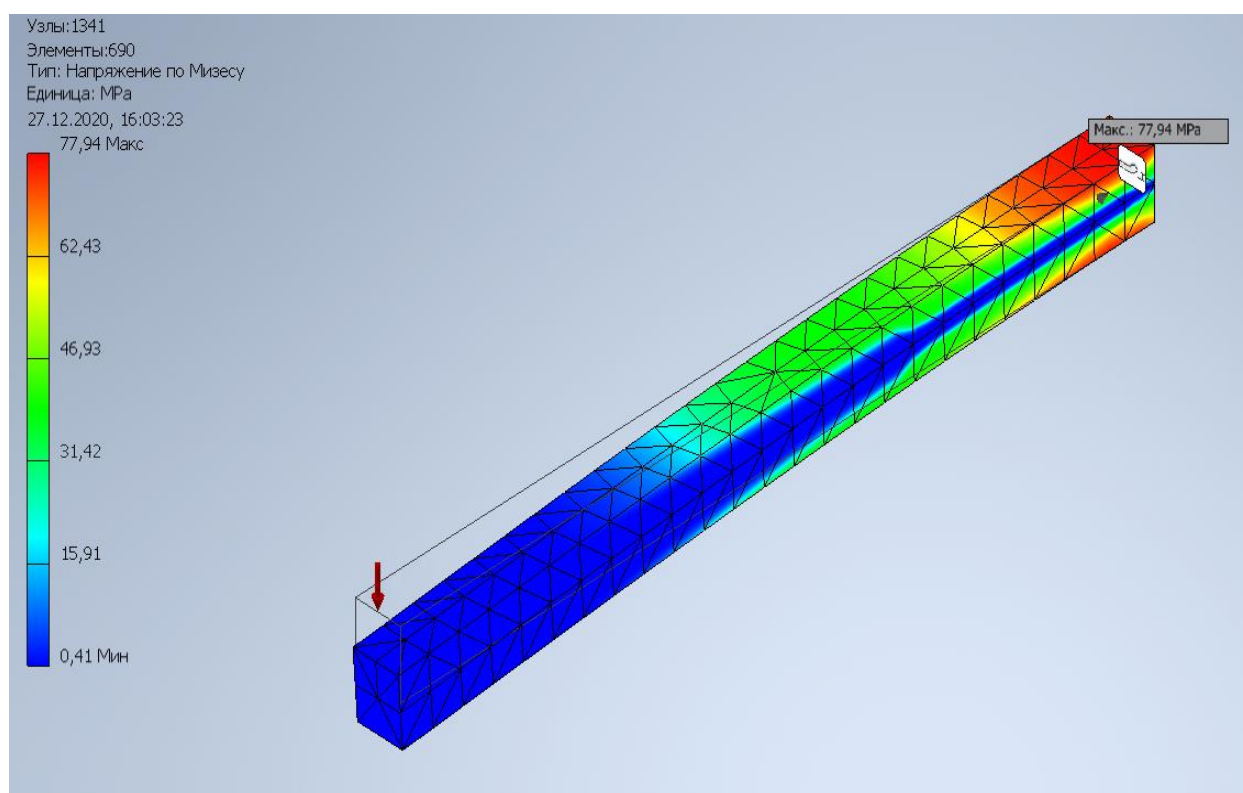


Рисунок 2 – Напряжения в стержне

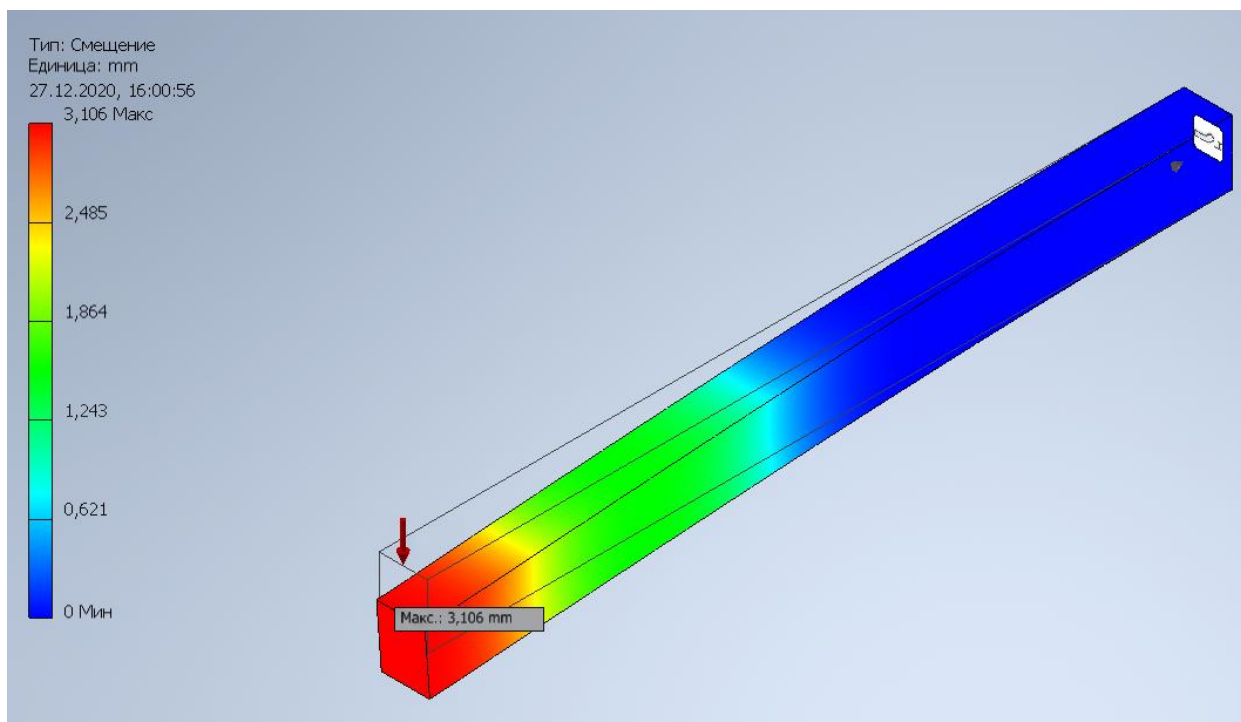


Рисунок 3 – Деформации в стержне

Деталь, содержащую области материалов с различными механическими характеристиками, планируется моделировать в качестве сборки с жестким соединением деталей. Для оценки возможности применения такого подхода, создавалась сборка из деталей, материал которых совпадает с материалом однородного стержня, таким образом, механические характеристики материала деталей сборки будут одинаковы. Первая деталь имела объем равный $3/4$ объема стержня, вторая – $1/4$ объема стержня (рисунки 4 и 5). Полученная сборка, имеющая те же геометрические размеры, что и первоначальный стержень, представлена на рисунке 6 (деталь 2 выделена желтым цветом).

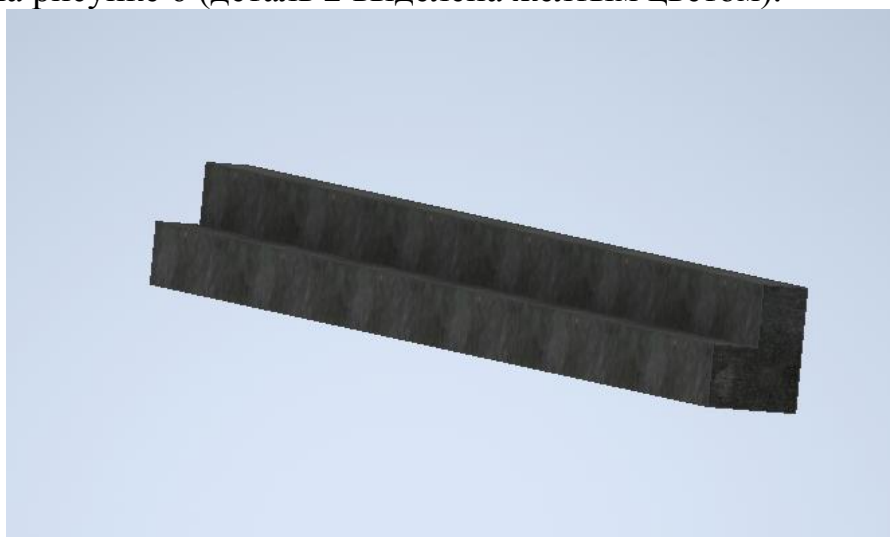


Рисунок 4 – Твдотельная модель детали 1

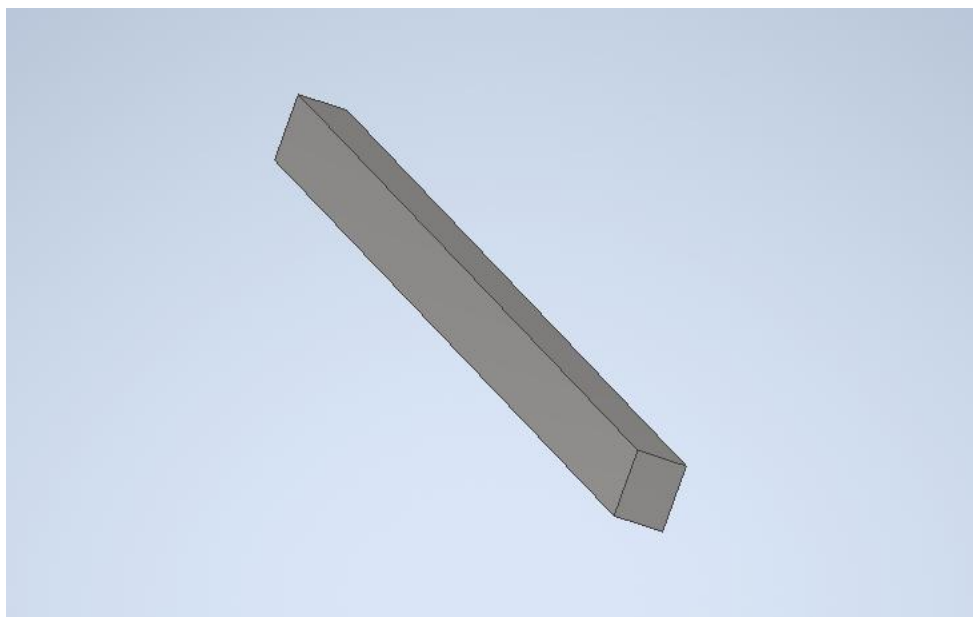


Рисунок 5 – Твдотельная модель детали 2

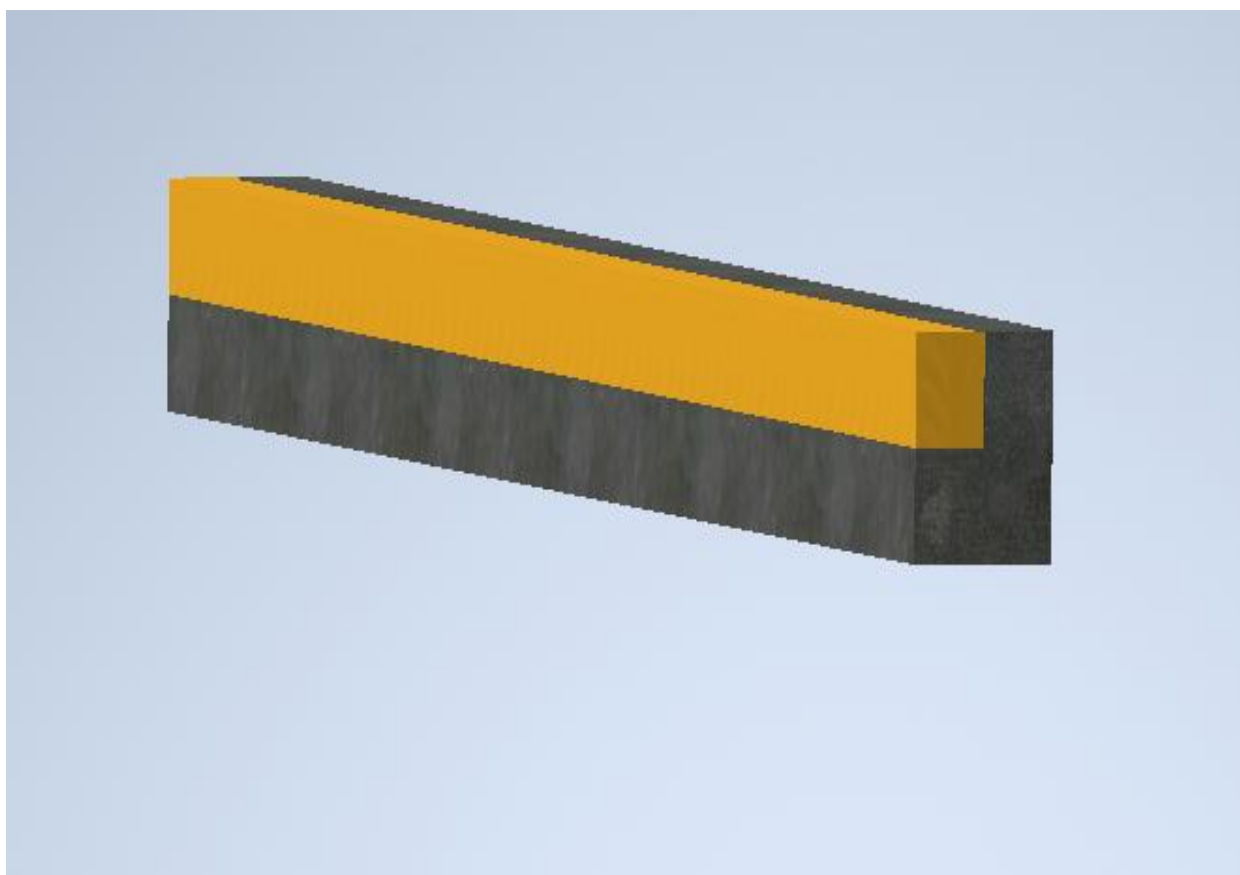


Рисунок 6 – Сборка

Исследовалось напряженно-деформированное состояние сборки для тех же параметров закрепления и нагружения. Величины напряжений и деформаций стержня представлены на рисунках 7 и 8.

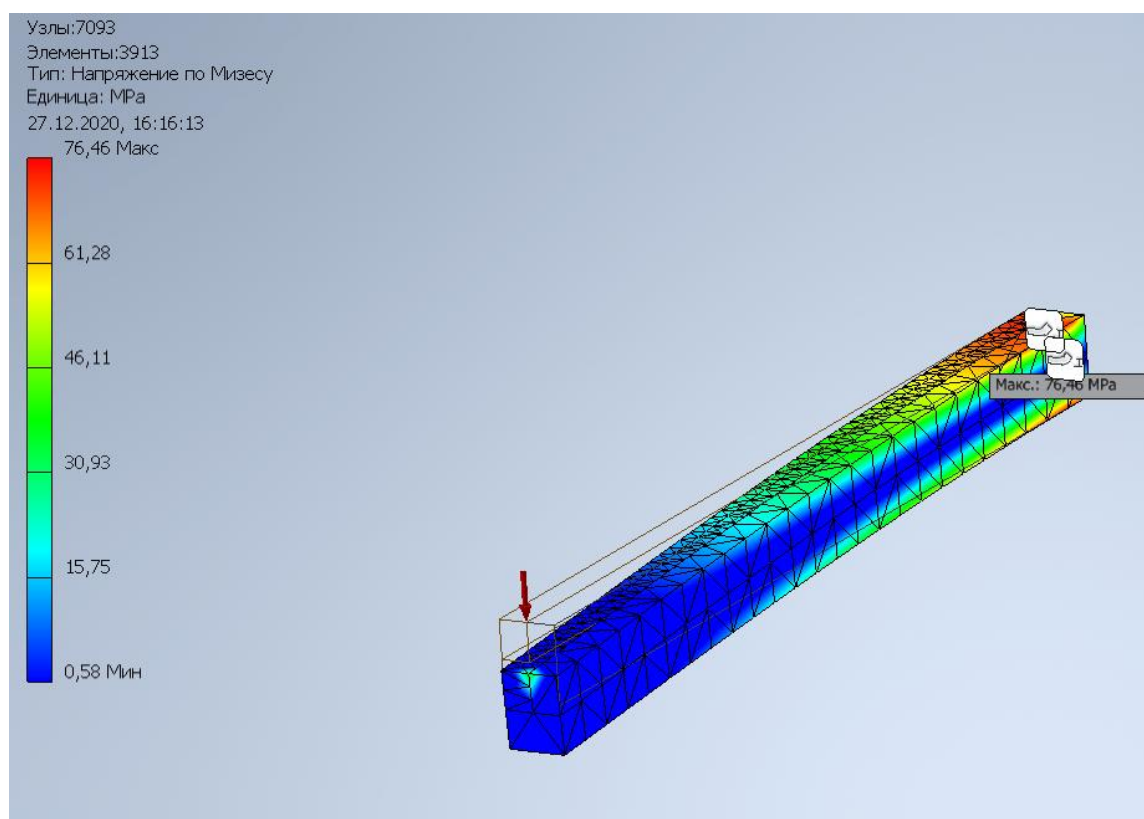


Рисунок 7 – Напряжения в сборке

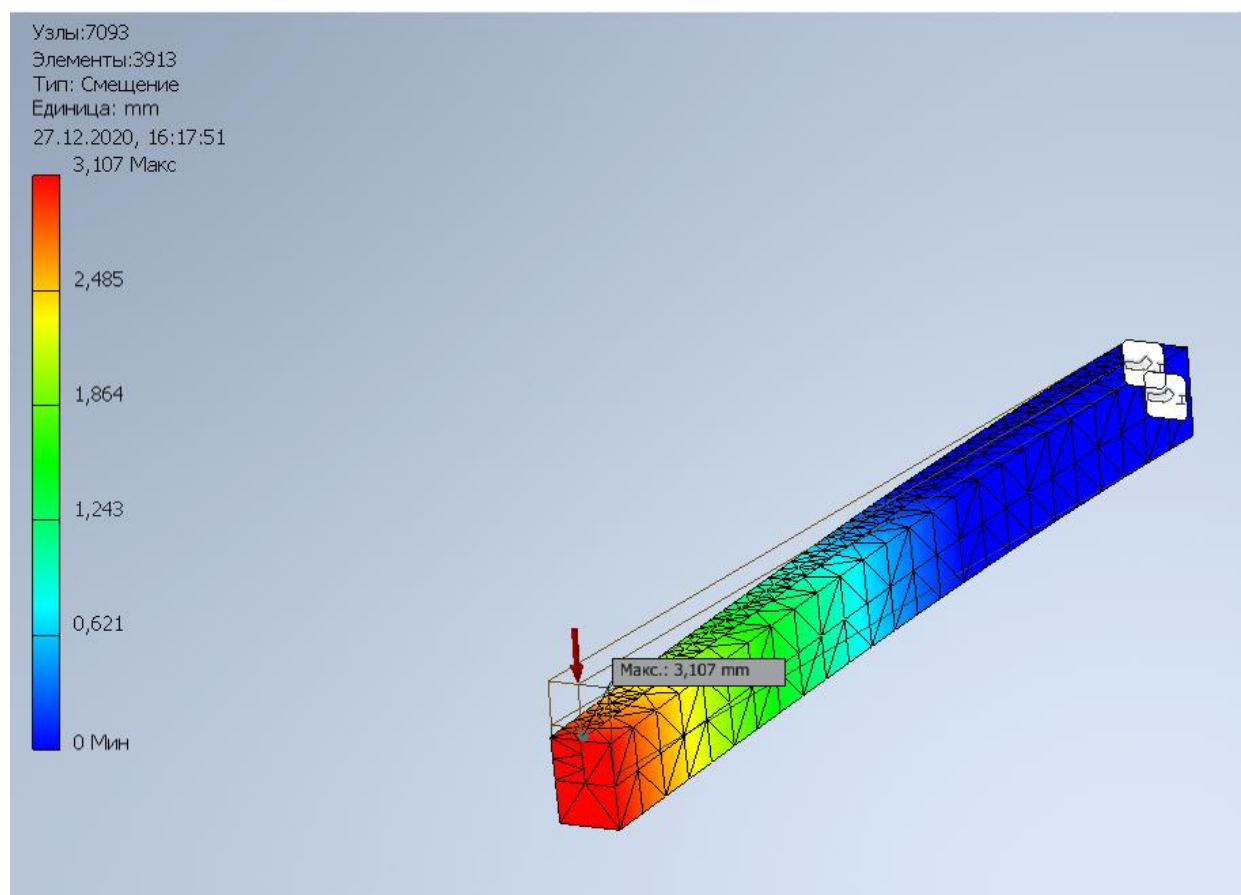


Рисунок 8 – Деформации в сборке

В результате моделирования напряженно-деформированных состояний были получены следующие результаты:

- максимальное напряжение: для стержня – 77,94 МПа, для сборки – 76,46 МПа;

- максимальная деформация: для стержня – 3,106 МПа, для сборки – 3,107 МПа.

Относительное отклонение составляет для напряжений менее 2 %, для деформаций – менее 0,05 %. Данные отклонения объясняются различиями в построение сетки (рисунки 2 и 7).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности моделирования напряженно-деформированного состояния детали, содержащей области материалов с различными механическими характеристиками, в качестве сборки с жестким соединением деталей.

Список литературы

1. Петров, В.В. Неоднородные пологие оболочки с двумя видами нелинейности / В.В. Петров, И.В. Кривошеин // Academia, 2013. – № 1. – С. 114-117.

2. Голод, В.М. Влияние структурной микронеоднородности на развитие дендритной ликвации при кристаллизации стали / В.М. Голод, К.И. Емельянов // Научно-технические ведомости СПбГПУ, № 3(178). – СПб., 2013. – С. 163-168.

3. Cicutti, C. Development of an analytical model to predict the microstructure of continuously cast steel slab / C. Cicutti, R. Boeri // Steel Res., 2000, v. 71, No. 8. – P. 288-294.

ЛАБОРАТОРИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИКОПТЕРАМИ КАК АСПЕКТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Овечкин М.В., канд.техн.наук, Гедзь А.В.,
Носакин М.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В начале 2019 г., в рамках реализации проектов по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса, на базе кафедры систем автоматизации производства Аэрокосмического института Оренбургского государственного университета, впервые в Оренбуржье, была открыта лаборатория систем автоматического управления мультикоптерами. Целью работы лаборатории стало повышение компетенций сразу нескольких уровней образования.

Для школьников, в рамках дополнительных профориентационных занятий работал кружок по управлению квадрокоптерами и их программированию. При обучении основам пилотирования и программирования используется многофункциональный учебно-методический комплекс Геоскан Пионер [1] (рисунок 1).

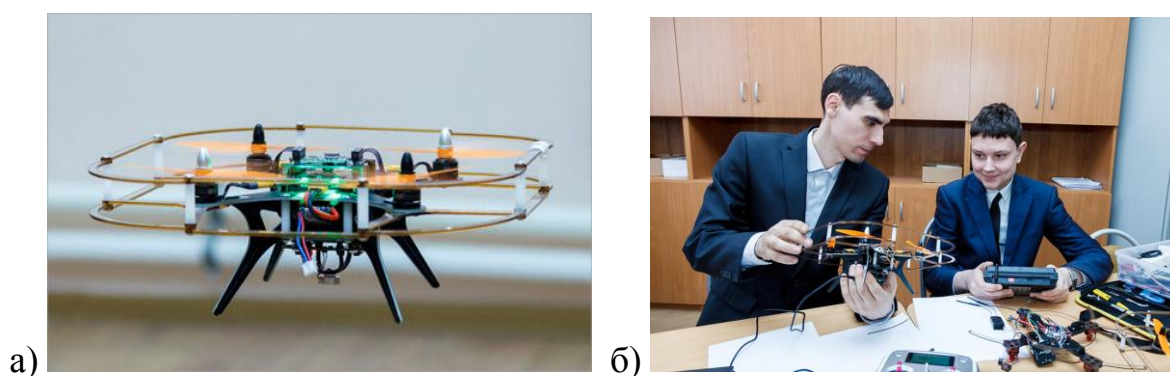


Рисунок 1 – а) Учебный дрон для обучения школьников пилотированию и основам программирования полетов; б) Кадры рабочего процесса обучения в кружке

Опыт обучения старших школьных классов показал явную заинтересованность в обучении данному современному направлению, повышения уровня интереса к техническим направлениям знаний в целом.

Также в рамках лаборатории проводится повышение квалификации учителей Оренбургской области (рисунок 2). В связи с активным внедрением направлений Аэронета в школьные лаборатории робототехники, актуальным становится обучение педагогов по работе с мультикоптерами.



Рисунок 2 – Повышение квалификации в области БПЛА для учителей информатики и технологии

Для уровня образования бакалавриата используются дополнительные модули Геоскан, учебные наборы «Клевер» от ООО «Коптер Экспресс Технологии» (СОЕХ), узлы и системы технического зрения, средства средства 3D-печати. Бакалавры по направлениям подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств» и «Системы автоматизированного проектирования» изучают особенности управления исполнительными механизмами дронов, разрабатывают собственные средства автоматизации и проектирования новых узлов. На рисунке 3 представлена разработка третьекурсников на тему «Автоматизация контроля линий электропередач на основе квадрокоптера».



Рисунок 3 – Работа бакалавров над проектом автоматизации контроля линий электропередач на основе квадрокоптера: а) процесс проектирования алгоритмов; б) печать корпуса для камеры дрона

Обучающиеся, на основе программированной видеокамеры OpenMP смоделировали ситуацию, когда дрон летит над линией электропередач, а затем, с помощью написанной на Python программы, «научили» квадрокоптер находить в ЛЭП повреждения.

Уровень магистратуры в рамках работы лаборатории направлен на проработку интеллектуальной составляющей беспилотников – разрабатываются системы роя мультикоптеров, новые подходы к защите дронов от внешних факторов. В распоряжении обучающихся имеются профессиональные квадрокоптеры Mavic Pro Platinum Fly More Combo и полетные контроллеры DJI Naza [2]. На рисунке 4 представлена разработка студентов магистратуры - проект универсального сферического каркаса для защиты корпусов квадрокоптеров. Разрабатываемая система представляет собой сферу, свободно вращающуюся на подшипниках по трем координатам (по принципу гироскопа) и позволяет защищать основные конструктивные элементы дронов. Элементы узлов изготовлены на 3D-принтере, в качестве материалов лучше использованы карбоновые трубки. На рисунке 5 – часть модели каркаса в системе КОМПАС-3D и экранные формы разработанной магистром программы «САПР основных элементов квадрокоптеров» и кадры с демонстрации работы системы FPV (видеопередача с дрона «от первого лица»).



Рисунок 4 – представление проекта каркаса (а) и демонстрация FPV-технологии(б) на выставке ко дню науки

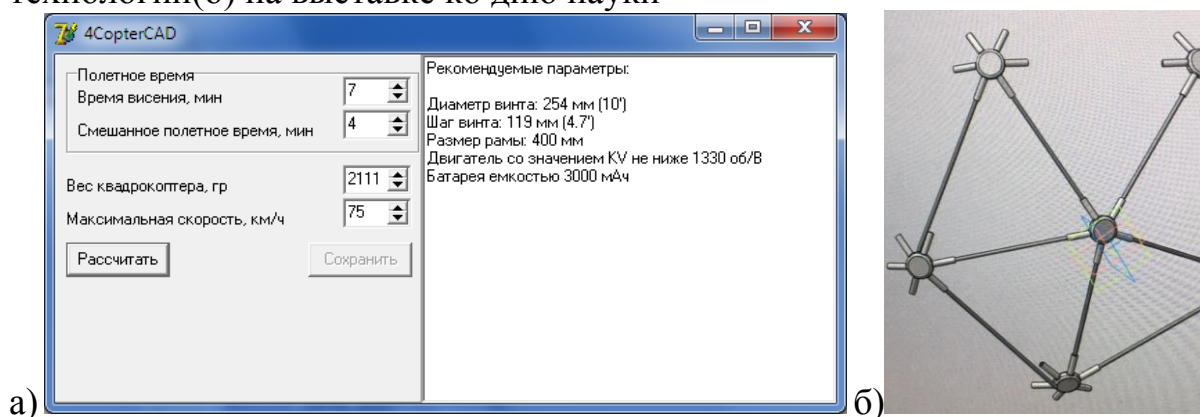


Рисунок 5 – Разработки обучающихся магистратуры

Таким образом, изучения основ работы с автоматизацией управления мультикоптерами и разработка специализированных узлов для них является современным этапом развития робототехнического направления в сфере образования и науки. Эти знания могут быть использованы при кадастровой оценке земель, поиске незаконной вырубке лесов, анализе причин и последствий аварийных ситуаций на автотрассах и доставке грузов, повышению уровня автоматизации машиностроительных производств в целом [3].

Список литературы:

1. Геоскан Пионер [Электронный источник] – режим доступа: <https://www.geoscan.aero/themes/geoscan/assets/products/tabs/pioneer/manual/>
2. Сайт производителя DJI Naza [Электронный источник] – режим доступа: <https://www.dji.com/naza-m-v2>
3. На что способны умные дроны [Электронный источник] – режим доступа: <http://www.osu.ru/doc/961/article/8187>

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ-20 ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНО-НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Павлова Л. В., Андреева Н.К., Андреев А.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-
ние высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Важнейшими преимуществами титановых сплавов перед другими конструкционными материалами являются их высокие удельная прочность и жаропрочность в сочетании с высокой коррозионной стойкостью. Касаясь некоторых специфических свойств титана, можно отметить, что он представляет большой интерес как конструкционный материал для космических кораблей.

В настоящее время возрастает потребность в деталях и компонентах, изготовленных на основе титановых сплавов, но их очень трудно быстро механически обработать стандартными фрезами по металлу.

На сегодняшний день современные производители фрезерного инструмента предлагают разработки новых твердосплавных фрез, где геометрия режущей кромки и передовая конструкция формы сочетаются с термостойким многослойным покрытием из нитрида титана и алюмо-нитрида титана (TiN, TiAlN), что непосредственно влияет на решение конкретных задач по фрезерованию титановых сплавов.

Многослойные покрытия - покрытия, которые состоят из нескольких тонких слоев, прочнее однослойных, имеющих ту же толщину.

Износостойкие многослойные покрытия успешно применяются в целях модификации поверхностного слоя инструментальных материалов, тем самым повышая эксплуатационные свойства режущих инструментов. Использование модифицирующих покрытий влияют на следующие показатели: повышение стойкости инструмента, повышение режимов резания и скорости резания, кроме того, покрытие способно выполнять барьерные функции между инструментом и обрабатываемым материалом – тормозить диффузию между ними, снижать интенсивность теплового потока в инструмент [2].

Многослойные покрытия позволяют значительно увеличить срок службы инструмента и расширить диапазон режимов обработки, так как они обладают повышенной трещиностойкостью, улучшенной адгезией, высокой ударной прочностью, меньшим уровнем внутренних напряжений и напряжений на границе «покрытие — подложка» вследствие выравнивания коэффициентов термического расширения.

Каждый из слоев многослойно-композиционного покрытия может иметь как мннгослойную (микроструктурирование), так и многослойную (нано-структурирование) архитектуру. Изменение свойств инструментального мате-

риала после нанесения покрытий приводит к существенному изменению эксплуатационных характеристик режущего инструмента и к увеличению его работоспособности [3].

Задачей данного исследования было изучить эксплуатационные качественные показатели износостойких многослойно-композиционных покрытий - pAlCo_3 и $\text{pAlCo}_3\text{TiB}_2$ на стойкость режущего инструмента при одинаковых режимах обработки титанового сплава BT20.

При достижении поставленной цели были выбраны и исследованы следующие многослойно- композиционные покрытия:

- покрытие pAlCo_3 на базе (Ti, Al) показавшее высокую эффективность при обработке различных материалов как на высоких скоростях, так и в обычных условиях. Покрытие pAlCo_3 уникально благодаря сочетанию физически взаимоисключающих параметров: при увеличении твёрдости одновременно увеличивается его эластичность. При нагревании на поверхности покрытия образуется прочная оксидная плёнка, которая формирует тепловой барьер. Возникающее при этом перераспределение тепловых потоков почти полностью изолируют подложку. Значительная часть тепла при этом уходит в стружку. Эффективность этого покрытия еще и в том, что материал покрытия и материал подложки имеют схожие коэффициенты термического расширения;

- в качестве объекта сравнения было выбрано покрытие - $\text{pAlCo}_3\text{TiB}_2$. На покрытие pAlCo_3 наносится антифрикционное покрытие - TiB_2 (диборид титана). Диборид титана (TiB_2) обладает комплексом уникальных физико-механических свойств. Это, прежде всего, высокая температура плавления, высокая твердость, низкое электрическое сопротивление, высокая теплопроводность, стойкость к абразивному износу и воздействию агрессивных сред, сравнительно невысокая плотность [1].

Физические свойства исследуемых покрытий представлены в таблице 1

Таблица 1 – Физические свойства покрытий

Наименование покрытия	Цвет	Нанотвердость до (ГПа)	Толщина (мкм.)	Коэффициент трения (изнашивания)	Макс. рабочая температура (°C)
pAlCo_3	фиолетово-синий	45	1-4	0,45	1200
TiB_2	светло-серый	30	0,5-1,5	0,35	600

Режущие свойства инструмента с исследуемыми покрытиями изучались при следующих режимах (таблица 2) при обработки титанового сплава BT20.

Таблица 2 – Показатели исследования

Наименование инструмента	Инструментальный материал	Вид и толщина покрытия, мкм	Режимы обработки	Машинное время
Фреза концевая Ø16	6WN10F	$\text{nAlCo}_3 - 3 (\pm 2)$	$F_{\text{(подача)}} = 160$ мм/мин. $S_{\text{(вращ.шпинделя)}} = 500$ об/мин.	$T_{\text{маш.}} = 5 \text{ ч } 31'$
Фреза концевая Ø16	6WN10F	$\text{nAlCo}_3\text{TiB}_2 - 3 (\pm 2)$	$A_{\text{p(глубина)}} = 3 \text{ мм}$ $A_{\text{с(ширина)}} = 12 \text{ мм}$	$T_{\text{маш.}} = 6 \text{ ч } 43'$

Рассмотрев результаты стойкостных испытаний, можно сделать вывод, что при фрезерной обработки титанового сплава BT20, режущий инструмент с покрытием $\text{nAlCo}_3\text{TiB}_2$ при одних и тех же режимах обработки: $F=160$ мм/мин; $S=500$ об/мин; показал лучшие результаты стойкости по времени - $T_{\text{маш.}}=6 \text{ ч } 43'$, чем инструмент с покрытие - nAlCo_3 стойкость по времени - $T_{\text{маш.}}=5 \text{ ч } 31'$.

Из этого следует, что период стойкости режущего инструмента с покрытием nAlCo_3 снижается заметно быстрее, чем у режущего инструмента с покрытием $\text{nAlCo}_3\text{TiB}_2$.

Полученные результаты позволяют установить, что многослойно-нанокомпозиционное покрытие $\text{nAlCo}_3\text{TiB}_2$ обеспечивает значительное замедление развития очагов изнашивания на режущих кромках инструмента.

Это объясняется тем, что покрытие $\text{nAlCo}_3\text{TiB}_2$, полученное путем нанесения на покрытие nAlCo_3 антифрикционного слоя TiB_2 , который обладает повышенной устойчивостью, а также помогает избежать налипания стружки на кромки инструмента, которое обусловлено высоким коэффициентом трения, вызывая связывающий эффект, что приводит к быстрому износу инструмента.

Можно сделать заключение о том, что многослойно-композиционное покрытие $\text{nAlCo}_3\text{TiB}_2$ на базе (Ti, Al) с нанесением антифрикционного слоя TiB_2 может успешно применяться в качестве износостойкого покрытия при концевом фрезеровании титанового сплава BT20.

Список литературы

1. Антонов, Е.В. Исследование процесса синтеза диборида титана с использованием нановолокнистого углерода. В кн.: «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ», Новосибирск, 2014: материалы. Новосибирск: Новосиб. гос. университет, 2014. С. 117–118.
2. Верещака, А.А. Функциональные покрытия для режущих инструментов /А.А. Верещака // Вестник. — 2015. — № 4. — С. 25—37.

3. Табаков, В.П. Функциональные параметры процесса резания режущим инструментом с износостойкими покрытиями: учебное пособие /В. П. Табаков, А. С. Верещака, С. Н. Григорьев. – Ульяновск: УлГТУ, 2012 – 172 с.

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

**Пищухин А.М., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-
ние высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В настоящее время информационная нагрузка на преподавателя постоянно возрастает. Прежде преподаватель проводил занятия только по одной или иногда нескольким дисциплинам. Сегодня, вследствие перехода к уровневому образованию, необходимо около десяти или даже больше дисциплин, чтобы обеспечить учебную нагрузку на одну ставку.

С другой стороны, пропорционально возрастает количество методических материалов, к тому же министерство регулярно обновляет образовательные стандарты, что влечет за собой необходимость обновления методического обеспечения, которое включает формирование учебного материала, базы билетов, формирование тестов и другие учебно-методические разработки. Отдельный вопрос создание личностно-ориентированного методического обеспечения.

Понятно, что выход из создавшегося положения необходимо искать на пути активного привлечения компьютера к преподавательской работе, например, в виде классического средства – автоматизированного рабочего места (АРМ). Идеология рабочего места подразумевает наличие и быстрый доступ ко всем необходимым инструментам, чтобы пользователь мог работать, ни на что, не отвлекаясь, то есть выполнять свою основную задачу – управление процессом обучения [1]. В этом ему помогает множество специальных программ, облегчающих и автоматизирующих выполнение некоторых операций или действий [2].

Если дополнительно снабдить АРМ микрофоном, колонками и видеокамерой, появится возможность on-line проведения занятий со студентами, участия в совещаниях, заседаниях кафедры и даже в работе диссертационных советов, что весьма актуально в настоящее время в связи с пандемией.

С другой стороны, не только наличие большого числа инструментов увеличивает производительность преподавательского труда. Важна структуризация и ранжирование стоящих перед преподавателем задач. Без структурирования соответствующей информации придется много времени тратить на поиск и допускать риск траты времени на решение второстепенных задач.

Выходом из создавшегося положения может быть интуитивно понятная структура рабочего места, например, с преподавателем в центре, окруженным стоящими перед ним задачами. По крупному инструментарию и информационное обеспечение можно разбить на четыре квадранта, связанные соответственно со студентами, с методическим обеспечением, с научной деятельностью и с организационными инструментами.

Квадранты должны допускать более мелкое деление по секторам. Например, информацию, связанную со студентами можно разделить на секторы, связанные с индивидуальной работой, с исследованием особых групп студентов (например, лучших), с педагогическими средствами, используемыми для разных групп и с результатами опросов, оценок за экзамены, курсовые и зачеты и их анализом.

Методический квадрант можно разделить в соответствии с назначением: рабочие программы, фонды оценочных средств, методические указания. В квадранте, посвященном научным исследованиям можно выделить научно-методический сектор, сектор моделирования, сектор теоретических и сектор прикладных исследований.

Наконец, в организационном квадранте можно выделить сектор организационных мероприятий, таких как заседания кафедры, семинары, конференции и так далее, сектор планов и отчетов. Наконец, можно образовать сектор «Прочее», куда отправлять информацию, не подпадающую под описанную выше классификацию.

Дальнейшая структуризация должна быть связана с разбиением круга задач на кольца, удаляющиеся от центра в соответствии с рангом срочности их решения. При этом период можно брать различным – и неделю, и год и, например, пять лет (срок избрания по конкурсу).

Границы колец и секторов выделяют кольцевые сегменты, связанные с решаемыми задачами. В связи с этим разделением даже внутри одного кольца задачи могут отличаться по актуальности. Для решения этой проблемы можно прибегнуть к круговой модели на мониторе и к цветовым решениям, пользуясь, например, цветами радуги.

Дополнительно можно проиндексировать кольцевые сегменты, предварительно выбрав начало отсчета (например, отсчитывать сегменты от оси ординат) и присвоить кольцам индексы в виде букв латинского алфавита, начиная от центра. Это позволит ввести однозначную идентификацию поставленных задач.

Кроме того, непосредственно под кольцом можно написать три - пять индексов кольцевых сегментов, самых срочных задач (с полной расшифровкой содержания задач), поскольку в самом сегменте для подробностей не хватит места, особенно в центре из-за секторального сужения.

Над такой структурой должна располагаться система управления, которая будет перемещать более актуальные задачи ближе к центру и перекрашивать их в цвет все более приближающийся к красному. Наоборот, выполненные задачи она будет удалять из структуры (либо сразу вставлять в отчеты разного уровня), невыполненные или частично выполненные, но утратившие свою актуальность перемещать дальше от центра.

При этом желательно, чтобы система управления была интеллектуальной, тогда функционирование АРМ было бы наиболее эффективно для преподавательской деятельности, поскольку для решения задач разного уровня сложности и особенностей будут привлекаться разные интеллектуальные технологии, самые адекватные их постановке [3-6].

Кроме того, можно использовать принцип прецедентов и запоминать однажды решенные задачи, а затем при встрече такой же или ей подобной, сразу предлагать готовое решение. Это позволит системе управления становится все «умнее и умнее».

Высокая динамика изменений внешней социально-экономической среды, диктующей требования к будущему специалисту, определяет необходимость создания средств информационной поддержки, которые смогут:

- реализовать автоматизацию всех этапов преподавательской деятельности [7];
- предусмотреть широкие возможности работы с различными информационными ресурсами и инструментами [8];
- позволить собирать и анализировать статистический материал по качеству обучения [9];
- своевременно выявлять недостатки методической работы преподавателя за счет анализа как структуры целей обучения и содержания учебных элементов, так и результатов, полученных в ходе обучения;
- адаптировать учебный процесс к постоянно меняющимся условиям. — формировать средства оценки знаний.

Таким образом, предлагаемая структура автоматизированного рабочего места преподавателя позволит избавить последнего от рутинной работы. Ускорение процесса выполнения, стоящих перед преподавателем задач, позволит исключить непродуктивную трату времени и, тем самым предоставить преподавателю больший простор для творческой работы

Список литературы

1. Ахмедьянова Г.Ф, Пищухин А.М., Пищухина Т.А. Исследование алгоритмов управления абстрактным объектом // Фундаментальные исследования. 2018. № 4. С. 34-38.
2. Пищухин, А.М., Методика оценки эффективности педагогических средств./Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф./Всероссийская н/п конференция «Модернизация педагогического образования в контексте глобальной образовательной повестки». Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина. -2015. -С.105 -108.
3. Chin-Liang Chang; Richard Char-Tung Lee (1973). Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving. Academic Press. – М.: [«Наука»](#), – 1983, – С. 358.
4. Ефимов, Е.И. Решатели интеллектуальных задач. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. – 1982, – 320 с.
5. Джарратано, Дж., Райли, Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. – М. : Издательский дом «Вильямс», – 2006. – 1152 с
6. Колесников, А.В., Кириков, И.А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387 с, ил. – ISBN 978-5-902030-55-3
7. Ахмедьянова Г.Ф. Организация образовательного процесса на основе креативно-технологического подхода // Современные проблемы науки и обра-

зования. 2016. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24512> (дата обращения: 21.12.2020).

8. Ахмедьянова, Г.Ф. Автоматизация рабочего места преподавателя вуза на основе гибридной интеллектуализации /Г.Ф. Ахмедьянова// Научно-технический вестник Поволжья, 2020. – № 10. – С. 14-17

9. Ивашкин Ю.А., Назойкин Е.А. Мультиагентное имитационное моделирование процесса накопления знаний // Программные продукты и системы. - 2011, № 1. - С.45-49.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЕСА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент, Заболотнов Д.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Повсеместное внедрение автоматизированных систем продемонстрировало их высокую эффективность для решения задач в самых различных областях человеческой деятельности. Особенно полезна автоматизация оказалась в освобождении человека от монотонных процессов таких, как контроль веса продукции.

Внедрение автоматизированной системы в последнем случае преследует следующие цели:

1. Достижение быстродействия учёта веса готовой продукции за счёт исключения человеческого фактора;

1.1 Уменьшение информационной нагрузки на оператора, вносящего показания датчиков в журнал вручную;

2. Возможность длительного хранения больших объемов данных;

2.2 Возможность проведения статистического анализа за счёт этих данных;

3. Возможность автоматической отбраковки готовых изделий, не прошедших проверку по критериям качества.

В первом приближении система контроля веса готовой продукции представляет собой не что иное, как систему контроля качества готовой продукции. Эту систему необходимо выделить из внешней среды и определить ее главные функции. Для этой цели себя отлично зарекомендовал стандарт IDEF0 [1], контекстная диаграмма которого для системы контроля веса готовой продукции представлена на рисунке 1.

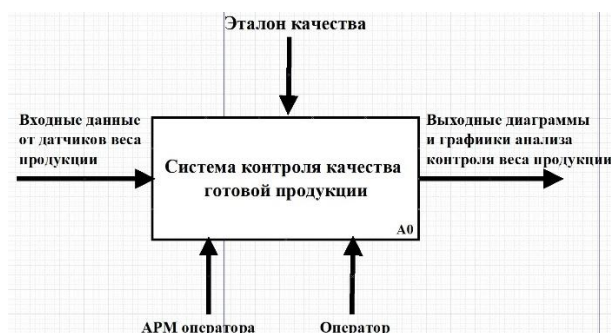


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма в методологии IDEF0 системы контроля веса готовой продукции

На диаграмме показана система в самом общем виде. Данные от датчиков преобразуются с помощью программного обеспечения на АРМ оператора, со-

держат математические методы анализа данных. В свою очередь, строковые данные преобразуются в графические, которые показывают отклонение параметров от эталонных значений.

Основные функции проектируемой системы в виде диаграммы декомпозиции IDEF0 показаны на рисунке 2.

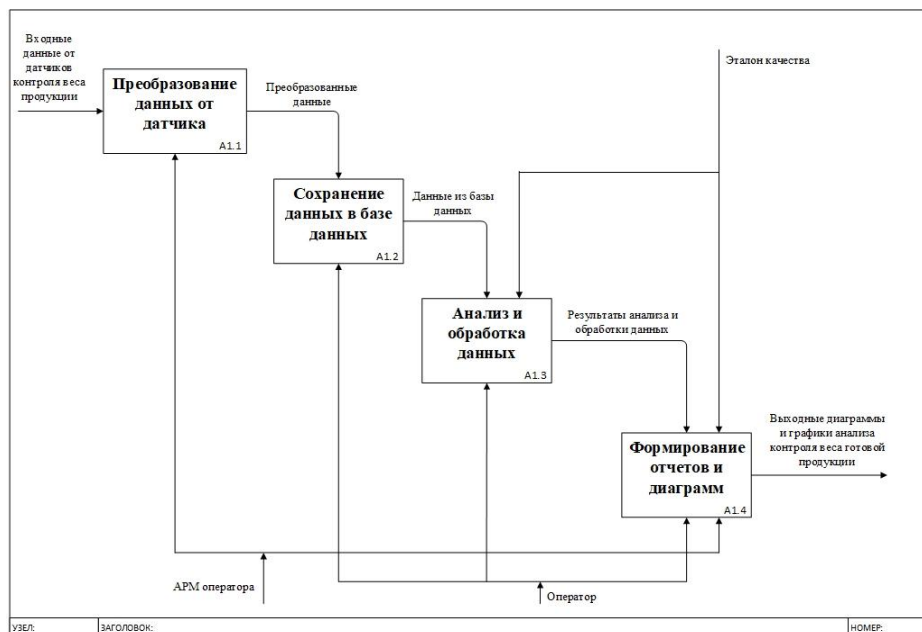


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции IDEF0 системы контроля качества веса продукции

Здесь информация (данные) поступают на вход системы. Изображённые процессы начинаются на уровне датчиков веса. Физические процессы и устройство датчика переводят информацию из аналогового вида в цифровой (данные) по специальной программе или прошивке. Данные передаются в базу данных, где автоматически записываются в виде строк, каждая из которых соответствует экземпляру продукта. Указывается его вес, отклонение по весу, дату изготовления, номер партии и другие параметры, необходимые для системы контроля качества. Строки занимают ячейки памяти в базе данных. После этого передаются по запросу оператора на экран АРМ, где с помощью графического интерфейса предстают в понятном человеку виде. При дальнейшей работе оператор может запустить процесс обработки некоторого количества данных за определённое время, что система делает с помощью программы, использующей статистические методы. При выводе результата на экран, программа сверяет его с эталонными значениями качества и выводит на экран отчёт в графическом представлении в виде графиков и диаграмм. Вывод отчёта так же инициируется оператором.

Современные инструменты информационного моделирования позволяют описать модель системы ещё более подробно, используя UML-диаграммы [2].

Первой из диаграмм, как правило, разрабатывается диаграмма вариантов использования, чтобы уточнить и зафиксировать взаимодействие пользователя с системой, а также отобразить требования заказчика к системе. Разработанная для системы контроля веса диаграмма вариантов использования (Use Case) показана на рисунке 3.

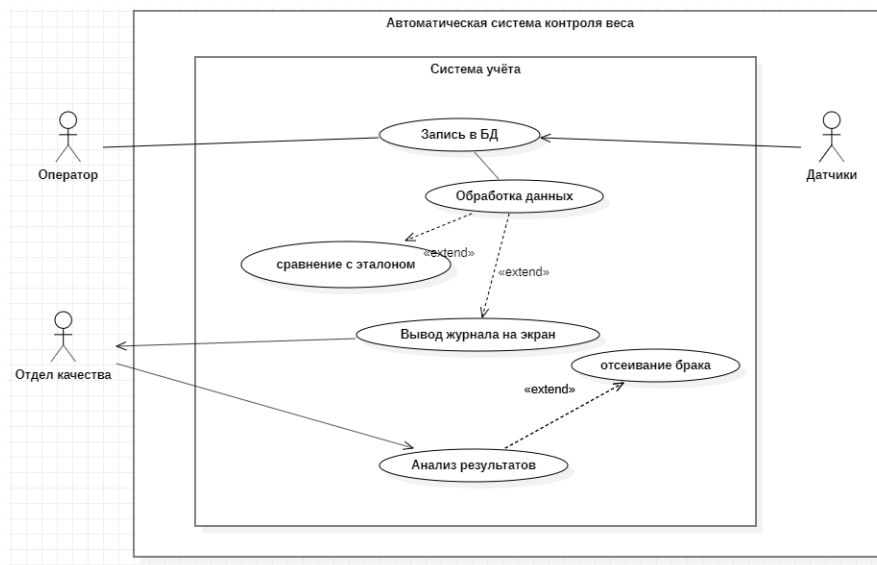


Рисунок 3 – Диаграмма вариантов использования для системы контроля веса готовой продукции

После описания поведения системы в виде диаграммы Use Case, начинается формализация и детализация требований, осуществляемая на основе диаграмм последовательностей и диаграмм взаимодействия (например, диаграммы деятельности), а параллельно осуществляется архитектурное проектирование, основными блоками которого являются классы.

Диаграмма классов является частью логической модели системы и представляет статическую картину системы.

Для каждой системы строится не одна, а несколько диаграмм классов: для каждого прецедента или сценария своя. На одних показывают подмножества классов, объединенные в пакеты, и отношения между ними, на других – отображают те же подмножества, но с атрибутами и операциями классов. Для представления системы разрабатывается столько диаграмм классов, сколько потребуется (рисунок 4).

Классы взаимодействуют друг с другом посредством интерфейсов. В случае взаимодействия человека и программного обеспечения, интерфейсом выступают устройства ввода-вывода и графический интерфейс пользователя (GUI), понятный человеку на семантическом уровне. Программное и аппаратное обеспечение системы взаимодействуют при помощи программных средств, вроде протоколов или API.

Важно добавить в подклассы те атрибуты и методы, которые делали бы его уникальным, но при этом прямым потомком своего родителя. Такие атрибуты представлены для каждого подкласса следующим образом:

- для подкласса «оператор» это атрибут «Инженерная квалификация» и метод «Вести отчётность»;

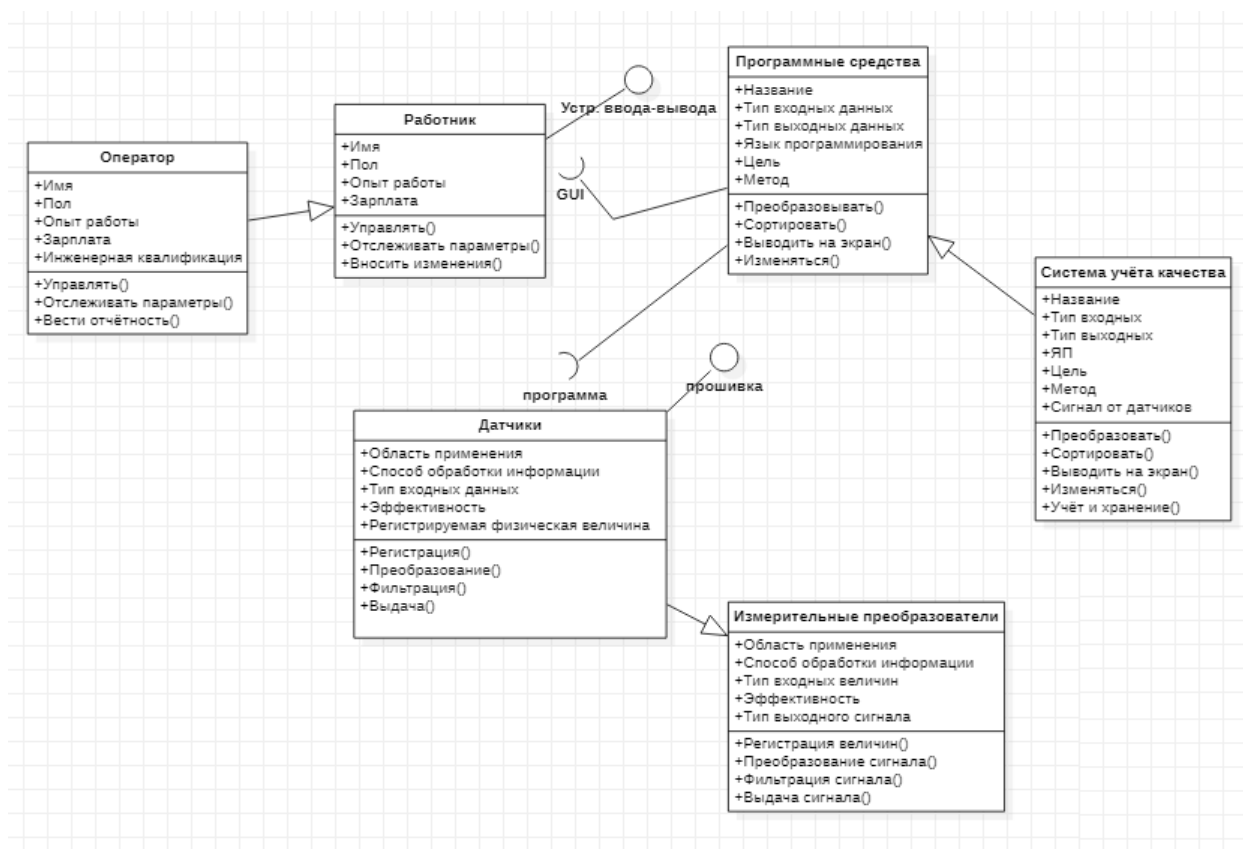


Рисунок 4 – Диаграмма классов проектируемой системы

- для подкласса «Система учёта качества» это атрибут «Сигнал от датчиков» и метод «Учёт и хранение»;

- для подкласса «Датчики» это атрибут «Регистрируемая физическая величина».

Следует отметить, что разбиение информационной модели на классы является основой для создания программного обеспечения, так как большинство языков программирования являются объектно-ориентированными, то есть используют в своей структуре классы, методы и интерфейсы, о которых было указано выше.

Продолжая декомпозировать информационную модель, на основе диаграммы классов можно построить и диаграммы последовательности, которые отражают последовательность действий между классами или объектами (рисунок 5). В нашем случае этапы процесса будут проходить в таком порядке: оператор занимает место у АРМ и вводит индивидуальный пароль, отличающий сессию работы этого пользователя от других. В случае, если пароль, введенный

оператором, не совпадает с имеющимся в памяти программы, программа выходит на главный экран, давая пользователю повторить попытку. Число попыток не ограничено. В случае совпадения пароля с правильным, осуществляется вход в программу управления качеством. Оператор, после собранных за смену данных, запрашивает функцию создания отчёта. Программа предусматривает ввод критериев, по которым можно вывести необходимые в данном случае параметры и связать их в один отчёт. Пользователь вводит необходимые критерии выборки. После чего программа обращается к базе данных, которая хранит информацию о каждой взвешенной единице продукции со всеми её параметрами и возвращает значения тех, которые были уточнены оператором.

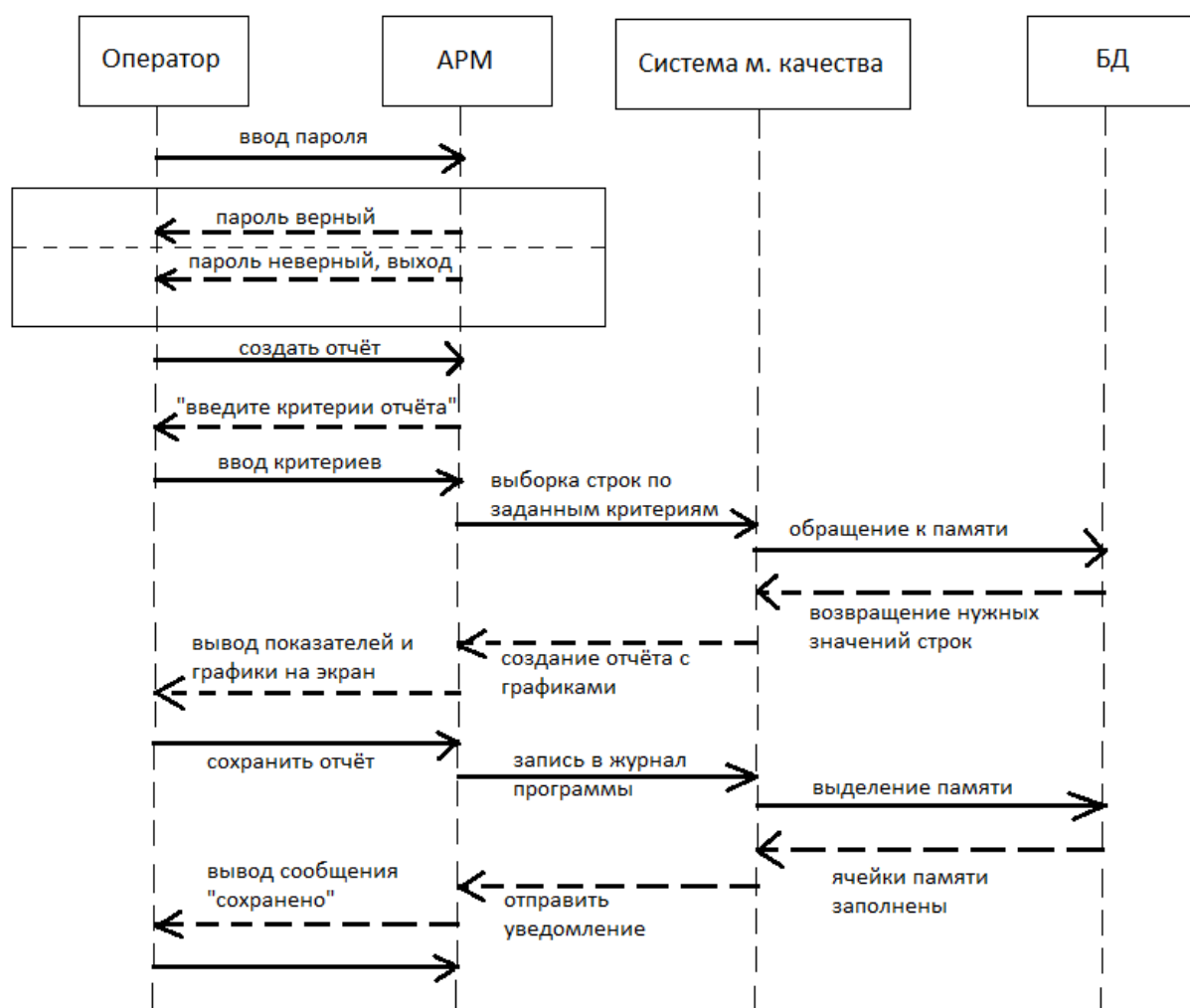


Рисунок 5 – Диаграмма последовательности

Основной атрибут поиска в данном случае – дата или номер партии. БД возвращает значения программе, которая, имея в своем распоряжении функции анализа и визуализации, выдает на экран АРМ совокупность статистических выводов, оформленных в виде графиков, гистограмм и прочих графических

форм. Оператор, удовлетворённый отчётом, может сохранить его в базе данных и отправить в вышестоящие инстанции.

Сразу после диаграмм вариантов использования строятся диаграммы взаимодействия «пользователь-система», одной из которых является диаграмма деятельности, обрастающая затем классами. Построим диаграмму деятельности проектируемой системы с тремя пулами (ролями) – оператором, системой учёта и клиент-серверным приложением (рисунок 6). Инициатором процесса является оператор, вычисления и обработка информации – ответственность системы учёта, хранение и вывод необходимой информации берёт на себя сервер базы данных.

Оператор начинает процесс взаимодействия с системой, вводя логин (свои инициалы) и пароль. Система обрабатывает этот запрос и подтверждает или отклоняет вход оператора в зависимости от правильности введенных данных, которые хранятся в памяти программы. В случае неудачной попытки входа, система отклоняет вход и экземпляр процесса завершается. Иначе – вход подтверждается и оператор запрашивает отчёт в зависимости от введенных параметров.

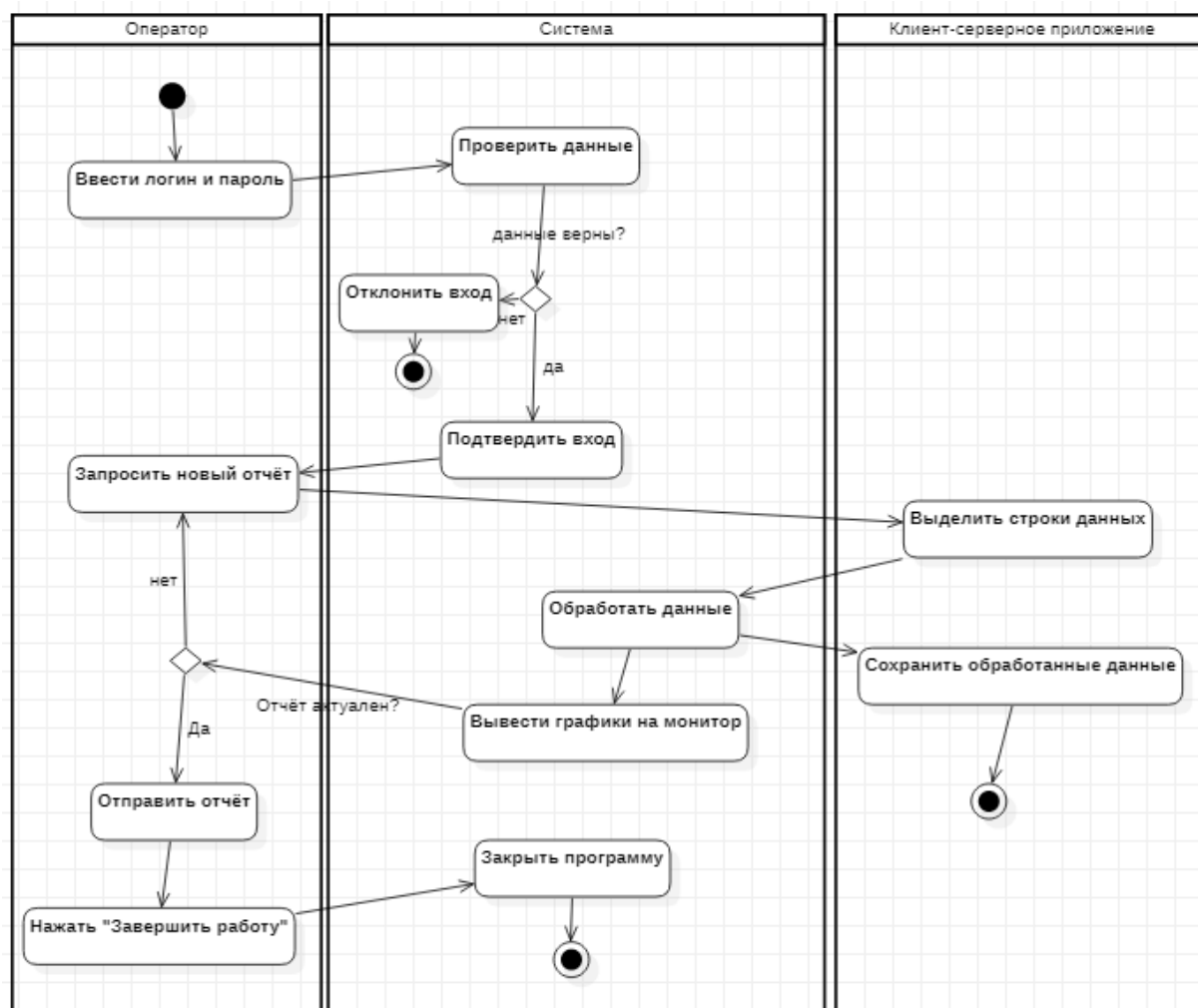


Рисунок 6 – Диаграмма деятельности системы учёта веса

Определённые строки данных, содержащие информацию о каждом экземпляре продукта, выделяются и подаются на статистическую обработку системе. После обработки, графики выводятся на монитор и оператор принимает решение об отправке отчёта в вышестоящие системы. Если отчёт не устраивает оператора, он должен создать его заново, используя другие информационные фильтры. После отправки, оператор завершает процесс.

Таким образом мы рассмотрели информационную модель системы со всех сторон, осветив каждый нюанс предметной области, представив его в виде подробнейшей диаграммы и осуществив структурное и поведенческое моделирование.

Список литературы

1 Гагарина, Л. Г. Технология разработки программного обеспечения: учебное пособие / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Сидорова-Виснадул; под ред. Л.Г. Гагариной. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. – 400 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0812-9. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1189951> (дата обращения: 30.12.2020). – Режим доступа: по подписке.

2 Орлов, С. А. Технологии разработки программного обеспечения: разработ. сложных программных систем: учеб. для вузов / С. А. Орлов. – 3-е изд. – СПб. [и др.]: Питер, 2004. – 527 с.: ил. – (Учебник для вузов). – Библиогр.: с. 515-518. – Алф. указ.: с. 519-526. – ISBN 5-94723-820-9.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ И ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ CRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ КРЕДИТНЫХ ЗАЯВОК

**Пищухина Т.А., канд. техн. наук, доцент, Цымбал А.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Метод моделирования является основным методом изучения сложных систем и процессов, лежащим в основе системного анализа.

Основная сущность данного метода заключается в том, что создается модель определённой исследуемой системы, с помощью которой и исследуется процесс функционирования системы.

Модель – это специально создаваемый объект, на котором отображаются определенные характеристики изучаемого объекта в целях его исследования. Моделирование является многозначным инструментом научной абстракции, способствующим выделить, обосновать и проанализировать существенные для данного исследования характеристики объекта: свойства, взаимосвязи, структурные и функциональные параметры [1].

Цель модели – определить и расставить приоритеты для наиболее ценных действий компании и улучшить эти процессы. Модель применяет этот принцип к отношениям с клиентами.

Рассмотрим моделирование сложных систем на примере работы CRM – системы в банке.

Все модели CRM – анализа на основании данных, полученных с помощью клиентской базы, можно разделить по назначению на следующие типы:

- регрессионные модели, целью которых является определение класса (число классов может представлять собой множество мощности континуум), которому принадлежит клиент по его характеристикам;
- модели кластеризации, разделяющие множество клиентов на группы «похожих»;
- модели исключений, описывающие исключительные ситуации в данных;
- итоговые модели, выявляющие ограничения на данные анализируемого массива;
- модели поиска ассоциативных правил (анализа рыночных корзин), определяющие часто встречающиеся наборы объектов.

Предсказательные задачи, состоящие из:

- моделей классификации, определяющих отношение клиента к одному из конечного числа классов по некоторым характеристикам;
- моделей последовательностей, прогнозирующих изменение непрерывных числовых параметров.

Структура и функционал системы определяются конечными целями и задачами.

CRM – система должна предусматривать средства ввода информации в единую базу данных, как служащими компании, так и самим клиентом, причем данные должны централизованно обновляться при каждом новом контакте.

Модель черного ящика CRM–системы представлена на рисунке 1.

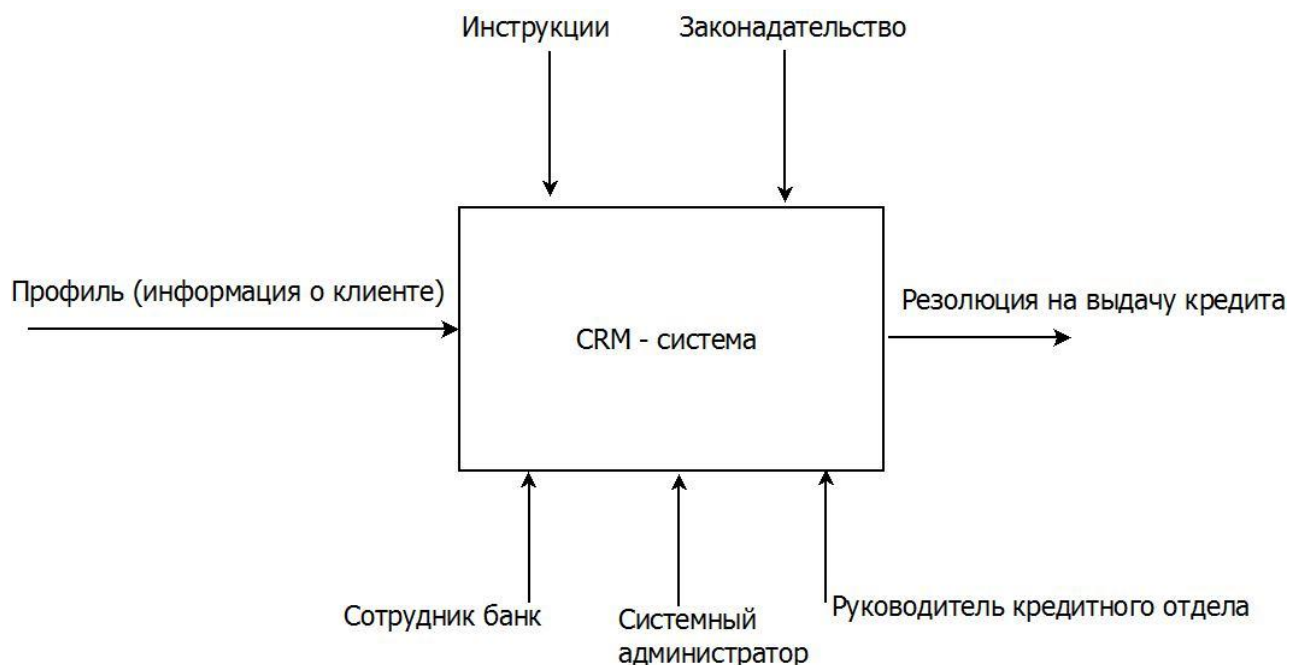


Рисунок 1 – Модель черного ящика CRM – системы

Входными данными являются профиль, то есть информация о клиенте, который подает заявку на кредитование, так же данные клиента это история, наличие задолженности у клиента.

Выходными данными будет являться информация о том, как банку необходимо скорректироваться, чтобы улучшить взаимоотношения с клиентами.

Сотрудник банка обрабатывает заявку, вносит информацию о клиенте в базу данных. Сотрудник банка так же обязан не только работать с данными клиента по инструкции, но и в соответствии с Законодательством РФ.

Системный администратор обеспечивает техническое обслуживание системы. Задача системного администратора заключается в том, чтобы обеспечить мощность серверов, а также следить за каналами передачами информации.

Руководитель кредитного отдела следит за общей ситуации в отделе, смотрит статистику, эффективность работы сотрудников. Может, вносит свои коррективы для сотрудников, которые работают с CRM – системой.

Проводим функциональную декомпозицию. Система будет, разбивается на подсистемы, и каждая подсистема описывается отдельно (диаграммы декомпозиции). Затем каждая система при необходимости, разбивается на

более мелкие и так далее до достижения нужной степени подробности, чтобы более точно определить все уровни работы кредитного отдела с помощью CRM – системы. На рисунке 2 показаны промежуточные процессы, необходимые для реализации системы.

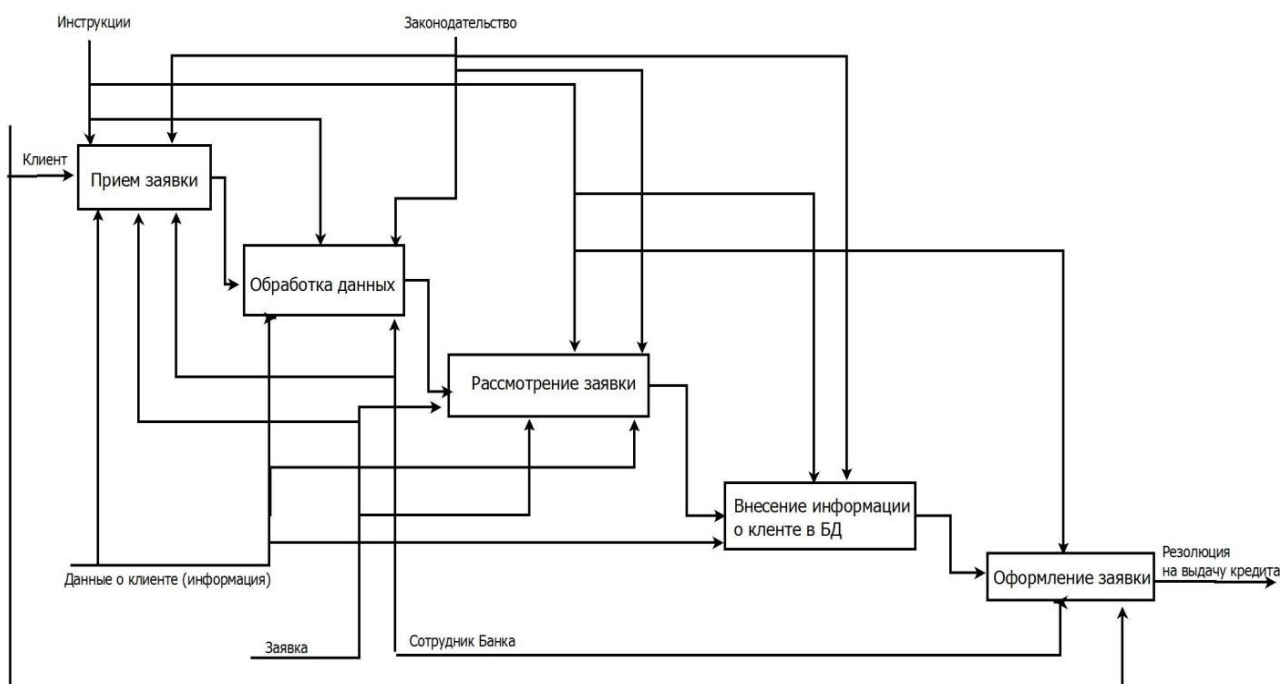


Рисунок 2 – Основные подфункции процесса выдачи кредита

На данной декомпозиции видно, что первым этапом в системе является прием заявки. На этом этапе сотрудник банка принимает заявку от клиента. После сотрудник банка обрабатывает данные о клиенте. Следующим этапом является, рассмотрение заявки на кредитование, если банк принимает решение одобрить заявку, то сотрудник банка заносит всю имеющуюся информацию о клиенте в базу данных и происходит процесс оформление заявки.

Диаграмма дерева узлов показывает иерархию работ в модели и позволяет рассмотреть всю модель целиком. Диаграмма дерева узлов представлена на рисунке 3.

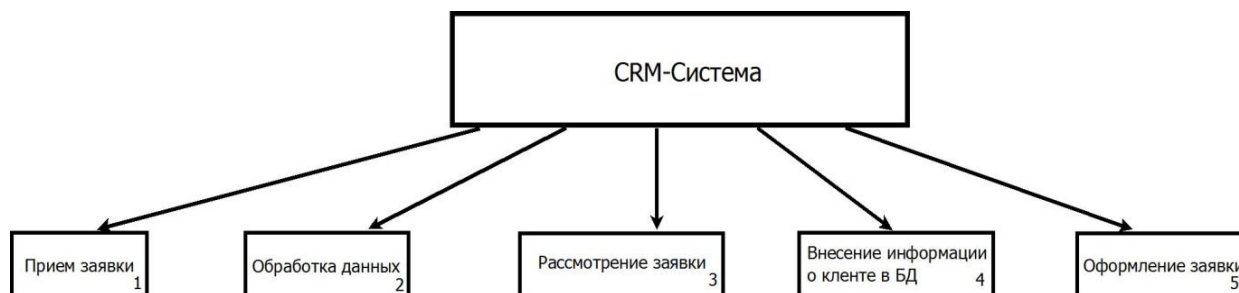


Рисунок 3 – Диаграмма дерева узлов CRM-системы

Таким образом, для банка необходима CRM – система, которая могла бы решить следующие задачи:

- ведение истории заявок;
- фиксация анкетных данных клиентов и их контактов;
- вычисление динамики спроса на кредитование;
- обработка документации.

На рисунке 4 показана оптимизированная декомпозиция после внедрения CRM – системы в Банк.

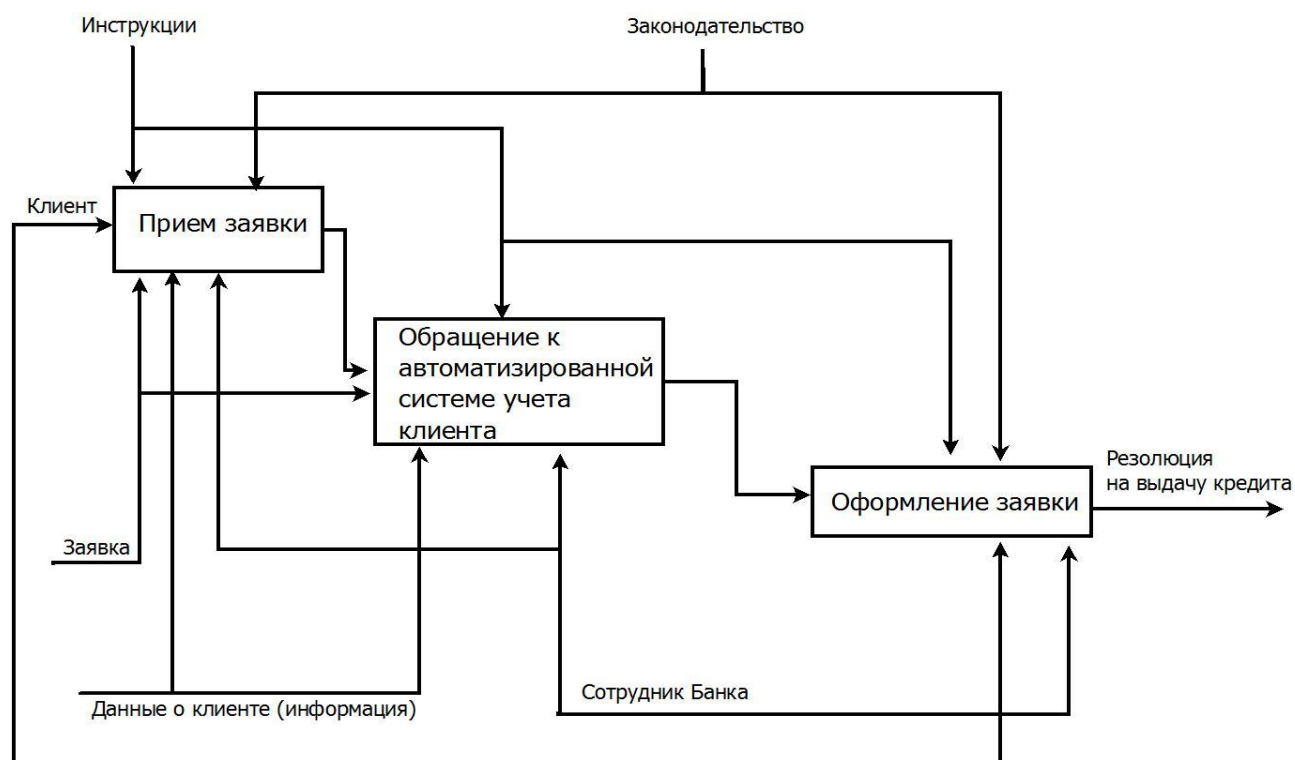


Рисунок 4 – Оптимизированная диаграмма декомпозиции CRM-системы

При появлении системы управления взаимоотношений с клиентами общая диаграмма декомпозиции существенно упрощается. Помимо очевидных преимуществ автоматизированной CRM – системы, оформление документации также возможно с ее помощью. Следовательно, упрощается работа сотрудников Банка, повышается их эффективность работы, происходит оперативное ведение клиентской базы.

Моделирование является неотъемлемым этапом синтеза систем. Процесс постижение любой системы неразрывно связан с ее моделированием, то есть можно сказать, что с представлением системы или в нашем сознании, или в форме математических формул, знаков, графических изображений, или в виде других материальных систем [1].

CRM для банков позволяет наладить внутреннюю работу банка. Каждому сотруднику будет предоставлен доступ к автоматическому формированию всех необходимых документов по средству готовых шаблонов.

На рисунке 5 показана структура CRM – системы.



Рисунок 5 – Структура CRM – системы процесса выдачи кредита

CRM для банков помогает отслеживать статус рассмотрения кредитных заявок. У сотрудника банка, который занимался приемом документов, появится возможность в онлайн режиме отслеживать статус рассмотрения заявок, следить за тем, какие документы прошли проверку, какие нет.

Для более полного понимания происходящего были выделены следующие действующие лица:

- клиент;
- сотрудник банка;
- база данных;
- CRM – система.

Задача каждого действующего лица:

- клиент – подает заявку на одобрение и получение кредита;
- сотрудник банка – обрабатывает заявку от клиента, вносит информацию о клиенте в базу данных;
- база данных – отображает данные о клиенте;
- CRM – система – устанавливает связь с клиентом.

Диаграмма прецедентов представлена на рисунке 6.

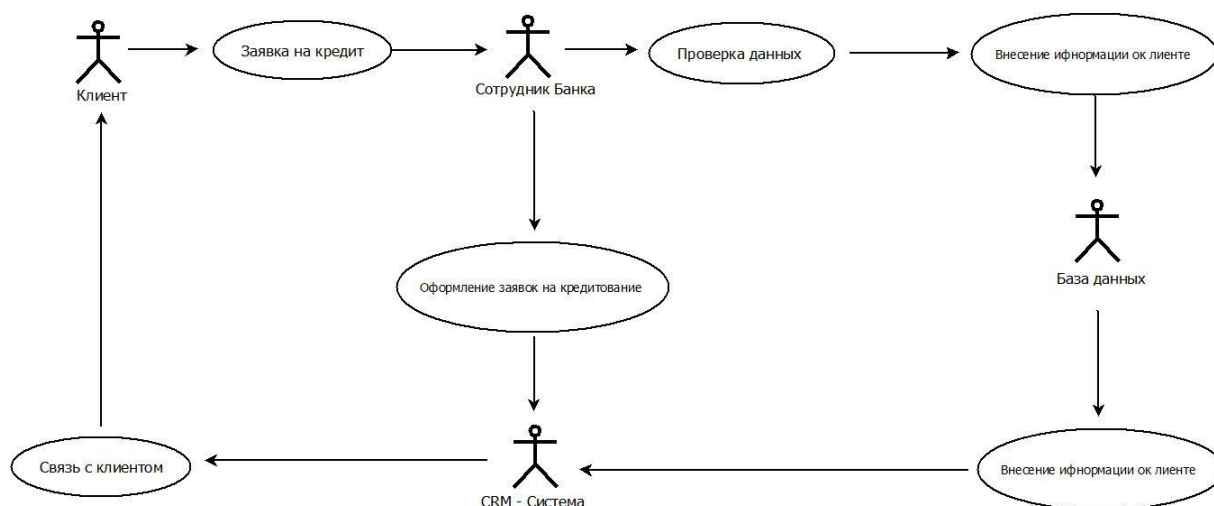


Рисунок 6 – Диаграммы прецедентов CRM-системы

Успешный опыт внедрения CRM – систем показывает, что использование подобных технологий способствует повышению эффективности деятельности, а также наращивает конкурентные преимущества. Внедрения новых технологий взаимодействия с клиентами позволяет увеличить производительность, как отдельных работников банка, так и всей кредитно – финансовой организации в целом.

Список литературы

- 1 Моделирование процессов и систем: учебник и практикум для вузов – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 289 с.
- 2 Кобелев Н.Б. Имитационный анализ и синтез некоторых современных мировых проблем. Пособие для разработчиков глобальных имитационных моделей и их пользователей // Финансовый институт при Правительстве Российской Федерации. – Издание ООО «Принт-сервис», Москва, 2015. – 96 с.
- 3 Михайлов В.Н. Имитационное моделирование: Учебно-методическое пособие. – Орел: Издательство ОФ РАНХиС, 2015. – 164 с.
- 4 Черкашин, П.С. Управления взаимоотношениями с клиентами (CRM): монография / П.С. Черкашин; М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2007. – 376 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АДАПТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЦИФРОВОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**Позевалкин В.В., Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В последние годы предприятиям обрабатывающей промышленности требуются современные системы автоматизации и роботизированные системы транспортировки деталей для реализации процесса непрерывной обработки изделий на станках с программным управлением. Однако в процессе непрерывной обработки с применением автоматизации важно не допустить ухудшения точности. Изменение температуры конструкции станка из-за внутреннего тепловыделения или теплообмена с окружающей средой вызывает тепловую деформацию. Тепловые деформации существенно снижают показатели точности при механической обработке. Внутренние и внешние источники тепла и их изменения являются основным фактором, ухудшающим точность обработки [1]. Поэтому высококачественной и высокопроизводительной автоматизированной производственной системе необходимы методы компенсации теплового смещения режущего инструмента станка.

С развитием современных информационных технологий и, в частности, технологий искусственного интеллекта, открываются новые возможности для повышения эффективности обработки деталей на станках с программным управлением. Интеллектуальное производство один из важнейших элементов новой промышленной революции, которой является цифровое, сетевое и интеллектуальное развитие обрабатывающей промышленности.

В настоящее время теме компенсации и прогнозированию тепловых смещений центральной точки режущего инструмента станка посвящено множество исследований [2-7]. Разработаны различные методы прогнозирования теплового смещения по внутренним данным блока программного управления станком [3], а также с помощью искусственных нейронных сетей [4]. Нейронные сети часто применяются для решения задачи прогнозирования тепловых смещений. Например, авторами работы [5] представлена интеллектуальная система компенсации с учётом данных, полученных с тепловизионной камеры. Различные группы ключевых температурных точек были идентифицированы по тепловым изображениям с помощью новой схемы, основанной на методе кластеризации. Адаптивная система нейронечеткого вывода с нечеткой кластеризацией применялась для разработки модели прогнозирования. Согласно результатам, модель демонстрирует высокую производительность с точки зрения надёжности её прогнозирующей способности. Предложенный метод, выгодно отличается от модели стандартной искусственной нейронной сети.

Авторы работы [6] представили модель свёрточной нейронной сети с применением технологии глубокого обучения, позволяющей достичь высокой производительности прогнозирования теплового смещения по температуре при изменении температуры окружающей среды. Однако для того, чтобы применить технологию глубокого обучения в промышленной сфере и компенсировать тепловое смещение, важно уточнить надёжность прогнозов. В случае низкой надёжности прогноза необходимо подавить ухудшение точности. В работе [7] представлен метод оценки надёжности на основе «Байесовского отсева» [8].

Адаптивная компенсация позволяет регулировать значения теплового смещения на основе оценочного параметра надёжности прогноза. Этот метод может предотвратить ухудшение точности прогноза из-за чрезмерных значений компенсации, вызванных отказом датчика температуры и резкими колебаниями измеренного значения из-за отключения. Кроме того, метод также адаптируется к выделению рабочего тепла, вызванного сменой частоты вращения шпинделя и изменением температуры окружающей среды. Результаты показывают, что ухудшение точности можно адаптивно предотвратить в зависимости от режима работы станка и отказа датчика измерения температуры.

Регрессия глубокого обучения предсказывает некоторую значимость показателя на основе входных данных, но при этом достаточно сложно рассчитать надёжность самого прогноза. Подход «Байесовского отсева» применяется для оценки надёжности путём вычисления неопределённости. Техника отсева часто применяется для предотвращения переобучения нейронных сетей. На рисунке 1 представлена концепция отсева для нейронных сетей с применением технологии глубокого обучения.

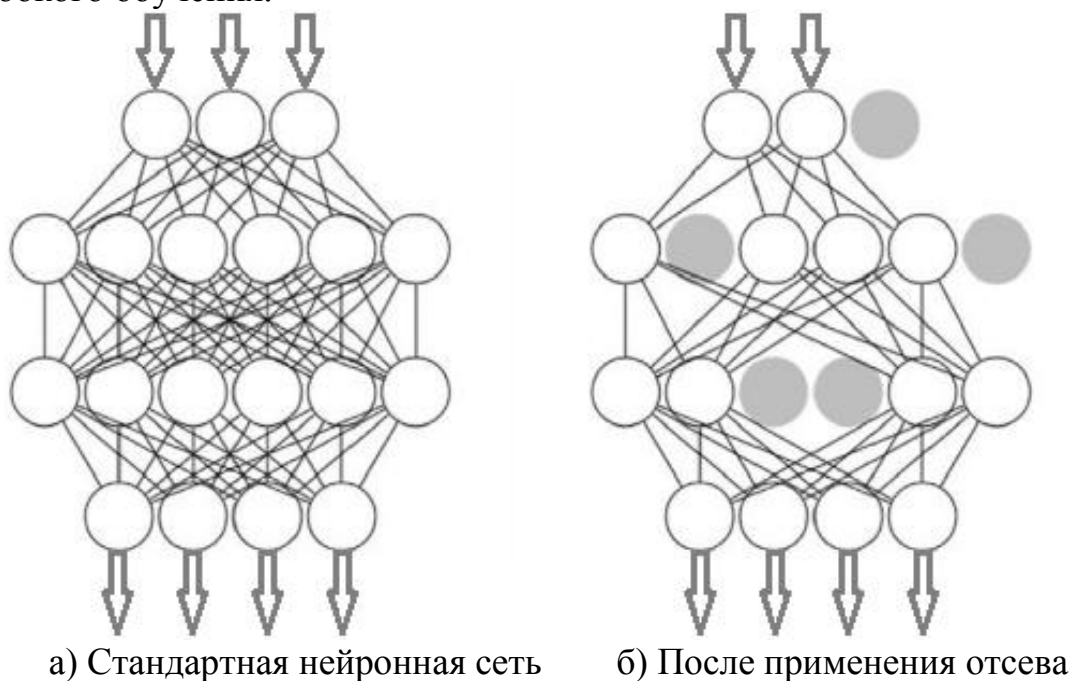


Рисунок 1 – Принципиальная схема концепции отсева

Метод отсева чаще всего применяется при обучении нейронных сетей. Но подход «Байесовского отсева» применим не только во время обучения, но и при прогнозировании. Данный метод легко реализуем, так как обученная модель может применяться без изменений, а для входных данных не требуется дополнительной обработки.

На основе экспериментальных данных выполняется прогнозирование теплового смещения, а также расчёт неопределенности прогноза методом глубокого обучения. На рисунке 2 представлена схема модели нейронной сети.

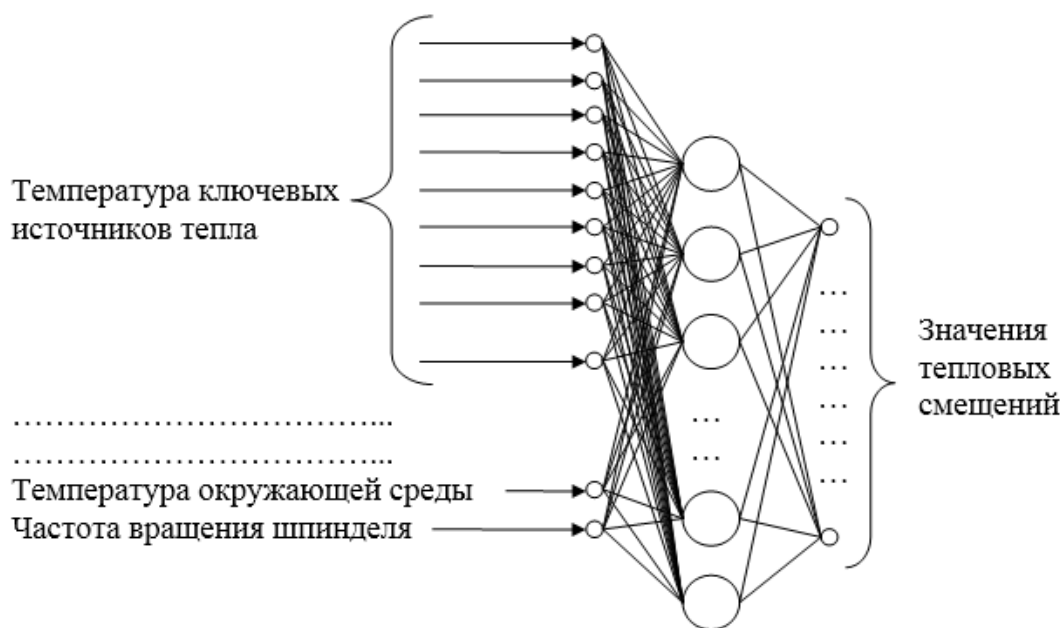


Рисунок 2 – Принципиальная схема модели нейронной сети

Входными данными для нейронной сети являются значения температуры ключевых источников тепла, температура окружающей среды, в которой эксплуатируется станок, а также частота вращения шпинделя. Смещения указываются в качестве целевых значений для выполнения процедуры обучения.

Из собранных экспериментальных данных, часть значений (70%) применяются в качестве данных обучения, остальные (30%) необходимы в качестве данных оценки точности прогноза. После проведения процедуры обучения, на выходе нейронной сети получаем прогнозные значения тепловых смещений.

Регулируя значение компенсации на основе неопределенности, можно адаптивно предотвратить снижение точности при выходе из строя датчика или неожиданном рабочем состоянии станка.

В текущей производственной среде косвенные производственные операции могут приводить к прямым затратам, которых можно избежать или снизить с помощью интеллектуальных производственных систем с применением искусственных нейронных сетей. В этом контексте важной методологией прогнозного проектирования является «Дизайн для производства». Он включает в процессы проектирования информацию, относящуюся к производству, а также позволяет адаптировать проект на каждом этапе производства. Подход «Дизайн для производства» можно реализовать в программном обеспечении автомати-

зирования проектирования (САПР) через существующий интерфейс прикладного программирования (API), мягкую коррекцию параметров, контроль компенсации тепловой погрешности [9].

Методология «Дизайн для производства» применяется для оценки точности обработки на раннем этапе проектирования детали с учётом тепловых смещений, её геометрии и допусков каждой операции, участвующей в её изготовлении. Для реализации такого подхода необходимо производственное оборудование, вспомогательное оборудование, CAD/CAM/CAE система, система автоматизированного контроля (CAI), система с поддержкой технологии искусственных нейронных сетей (MatLab). На рисунке 3 представлена блок-схема идеализированного процесса компенсации.



Рисунок 3 – Блок-схема идеализированного процесса компенсации

Компьютерная реализация, может быть выполнена посредством дискретизации значений в точках (матрице) поверхности коррекции в параметрическом программном обеспечении САПР с применением разработанной модели нейронной сети. Облако точек (рисунок 3) математически преобразуется в поверхностный элемент, и с помощью API интегрируется в геометрические формы, а затем генерируется скорректированная поверхность модели CAD/CAM.

Основными этапами реализации данного подхода являются: разработка математической модели и калибровка переменных поверхности коррекции (скрипт MatLab и база данных); интеграция данных с помощью программного обеспечения САПР (облако точек); построение кривой (сплайна) через точки; развёртка кривых на параметрической поверхности (элементе); размещение программы управления в системе ЧПУ станка [10].

Благодаря интеграции 3D-тела в программное обеспечение CAD/CAM можно выполнить перепрограммирование процесса обработки детали.

Таким образом, внедрение современных информационных технологий и систем искусственного интеллекта на предприятиях обрабатывающей промышленности позволяет не только снизить материальные затраты, но и повысить качество изготовленной на станках готовой продукции.

Представленный метод компенсации адаптирован не только к изменению температуры окружающей среды, но и к рабочему тепловыделению за счёт учёта частоты вращения шпинделя станка. Поэтому обученная модель на основе математического аппарата искусственной нейронной сети позволяет получить высокие показатели надёжности прогнозирования, и может предотвратить ухудшение точности из-за экстремальных значений прогноза для сложного режима работы станка по сменной циклограмме.

Источник финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-38-90045.

Список литературы

1. Wiessner, M. Thermal test piece for 5-axis machine tools / M. Wiessner, P. Blaser, S. Böhl, J. Mayr, W. Knapp, K. Wegener // Precision Engineering. Elsevier. – 2018. – No.52. – P.407–417.
2. Li, Y. A review on spindle thermal error compensation in machine Tools / Y. Li, W. Zhao, S. Lan, J. Ni, W. Wu, B. Lu // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2015. – Vol.95. – P.20.
3. Brecher, C. Compensation of Thermo-elastic Machine Tool Deformation Based on Control Internal Data / C. Brecher, P. Hirsch, M. Weck // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2004. – No.53(1). – P.299–304.
4. Kang, Y. Modification of a Neural Network Utilizing Hybrid Filters for the Compensation of Thermal Deformation in Machine Tools / Y. Kang, C.W. Chang, Y. Huang, C.L. Hsu, I.F. Nieh // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2007. – No.47(2). – P.376–387.
5. Abdulshahed, A.M. Thermal error modelling of machine tools based on ANFIS with fuzzy c-means clustering using a thermal imaging camera / A.M. Abdulshahed, A.P. Longstaff, S. Fletcher, A. Myers // Applied Mathematical Modelling. – 2015. – Vol.39. – Iss.7. – P.1837-1852.
6. Fujishima, M. Thermal Displacement Reduction and Compensation of a Turning Center / K. Narimatsu, N. Irino, Y. Ido // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. – 2018. – No.22. – P.111–115.
7. Fujishima, M. Adaptive thermal displacement compensation method based on deep learning / K. Narimatsua, N. Irinoa, M. Mori, S. Ibaraki // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. – 2019. – No.25. – P.22–25.
8. Gal, Y. Dropout as a Bayesian Approximation: Representing Model Uncertainty in Deep Learning / Y. Gal, Z. Ghahramani // International Conference on Machine Learning. – 2016. – P.1050–1059.
9. Hoque, A.S.M. Integrated manufacturing features and design-for-manufacture guidelines for reducing product cost under CAD/CAM environment / A.S.M. Hoque, P.K. Halder, M.S. Parvez, T. Szecsi // Comput. Ind. Eng. – 2013. – No.66. – P.988–1003.

10. Leite, W.O. Correcting geometric deviations of CNC Machine-Tools: An approach with Artificial Neural Networks / W.O. Leite, J.C.C. Rubio, J.G. Duduch, P.E.M. Almeida // Applied Soft Computing. – 2015. – Vol.36. – P.114-124.

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СТАНКА HAAS ST-10Y

Поляков А.Н., д-р техн. наук, профессор,

Никитина И.П., канд. техн. наук, доцент,

Позевалкин В.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Температурная погрешность современных токарных станков с ЧПУ оказывает существенное влияние на точность обработки. Чтобы скомпенсировать эту погрешность или с использованием автоматизированных систем, установленных на станке или с использованием специальных алгоритмов, встроенных в код управляющей программы, необходимо иметь набор экспериментальных данных [1].

Получение экспериментальных данных о температурной погрешности токарного станка с ЧПУ является гораздо более сложной задачей, чем для фрезерного. Это в первую очередь объясняется закрытостью рабочей зоны станка и наличием вращающегося токарного патрона, закрывающего передний конец шпинделя. Для фрезерных или многоцелевых станков сверлильно-фрезерно-расточной группы, в условиях современного высокотехнологичного производства, оснащение измерительными шупами уже не является эксклюзивным. Для токарных станков с ЧПУ, если не брать в расчет полноценные токарно-фрезерные станки типа DMG MORI серии NTX, особенно небольших, из-за ограниченной емкости револьверной головки – это проблема. Поэтому сегодня остается актуальной разработка специализированной методики испытаний токарных станков с ЧПУ, которая бы позволила выявить возникающую в них температурную погрешность [2].

В качестве базового оборудования использовался токарный станок с ЧПУ HAAS ST-10Y. Для измерения температур использовались тепловизоры RGKTL-70, Testo 865 и инфракрасный термометр Testo 830-T2. Измерения температуры проводились на открытых поверхностях станка: открытые поверхности трехкулачкового патрона, револьверной головки, направляющих, шпиндельной бабки и станины. Существенного изменения температуры в ходе натурных испытаний не наблюдалось. Например, зафиксированные на открытых поверхностях станка значения избыточных температур через два часа его непрерывной работы на частоте 2500 об/мин не превысили 3°С.

Оценка температурных погрешностей станка осуществлялась по результатам измерений обработанных на станке стальных ступенчатых валиков (рисунк 1). Методика эксперимента.

1 этап – предварительное формирование трехступенчатого валика. В первый день серии эксперимента обрабатывались три ступени валика. Диаметры валика отличались на 4 мм. Припуск не превышал 3 мм. Частота вращения шпинделя составляла 800 об/мин. Скорость резания, в зависимости от диаметра

ступени валика находилась в диапазоне от 60 до 90 м/мин. Глубина резания 2 мм. Подача 0,15 мм/об. Время обработки – не более 12 минут. Температурные деформации несущей системы станка из-за малой длительности эксперимента не приводили к значимой температурной погрешности.



Рисунок 1 – Ступенчатый валик в трехкулачковом патроне станка

2 этап. Второй день эксперимента состоял из двух этапов – второго и третьего, так как на второй день эксперимента производилось формирование шести ступеней на частоте 2500 об/мин. Второй этап включал формирование трех ступеней. Глубина резания составляет 0,5 мм, подача - 0,05 мм/об. Длина каждой обрабатываемой ступени составляла $\frac{2}{3}$ длины ступени, сформированной на первом этапе. Начальные координаты по оси Z для каждой новой ступени совпадали с координатами уже сформированных ступеней на первом этапе. На этом этапе формировались «эталонные ступени» в виде чистовых поверхностей при несущественной (теоретически) температурной погрешности. На практике, ввиду малости температурной погрешности, ее фиксация просто была невозможна, даже при использовании координатно-измерительной машины.

3 этап. На этом этапе формировались заключительные три ступени валика. Длина каждой ступени составляла $\frac{1}{3}$ от длины ступени, сформированной на первом этапе. На втором и третьем этапах методики глубина резания, подача и частота вращения шпинделя были идентичны. Однако, перед обработкой каждой ступени резец получал программную задержку на 60 мин. За это время, ввиду непрерывности процесса трения формировалось дополнительное теплообразование в опорах шпиндельного узла, которое формировало тепловые

смещения шпинделя в пространстве и соответствующую температурную погрешность.

4 этап – измерение валика на координатно-измерительной машине Wenzel XOrbit 55. Измерительный щуп выполнял измерение координат на каждой ступени в точках, отстоящих друг от друга на равных расстояниях и расположенных на окружности. На каждой ступени измерения производилось для четырех окружностей по оси Z, сдвинутых на 4 мм.

5 этап – обработка результатов измерений в системе Siemens NX с использованием модуля Моделирование.

Температурная погрешность для токарного станка выражается отклонением от соосности относительно базовой поверхности. Согласно теории в качестве отклонения от соосности принимают наибольшее расстояние между осью сформированной при обработке поверхности вращения и осью базовой (принятой за эталон) поверхности на длине нормируемого участка. Была разработана и реализована специальная методика обработки экспериментальных данных с использованием Siemens NX, которая позволяет по полученным результатам измерений оценить фактические значения отклонений от соосности относительно базовой поверхности.

Методика обработки экспериментальных данных включала шесть этапов.

1 этап. Импорт координат измеренных точек из в систему Siemens NX. Программное обеспечение координатно-измерительной машины на четвертом этапе выше рассмотренной методики формирует iges-файл. Данные из этого файла импортируются в модуль Моделирование и приобретают вид, представленный на рисунке 2.

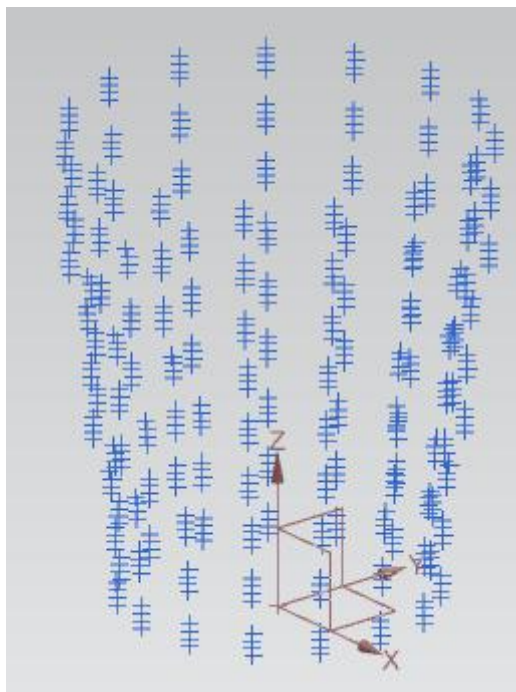


Рисунок 2 – Результат импортированного iges-файла в Siemens NX

2 этап. На втором этапе с использованием элемента дерева построения навигатора модели «Группы» строились соответствующие цилиндрические поверхности, для которых определялись отклонения от соосности.

3 этап. Для того, чтобы определить отклонение от соосности относительно базовой поверхности формировался нормируемый участок.

4 этап. На этом этапе создавались оси анализируемых цилиндрических поверхностей.

5 этап. На этом этапе выполняется измерение установленных отклонений для осей анализируемых поверхностей. Для этого в Siemens NX предусмотрена команда «Анализ отклонений».

6 этап. На этом этапе выполнялось обобщение результатов измерений, которые сводятся в таблицы. Анализ измеренных данных позволяет выявить выбросы, связанные с попаданием измерительного щупа на заусенцы, сформированные при мехобработке.

Таким образом, предложенная методика тепловых испытаний токарного станка с ЧПУ позволила выявить влияние тепловых деформаций элементов несущей системы станка на его температурную погрешность. При непрерывной токарной обработке на станке HAAS ST-10Y в течение трех часов температурная погрешность не превысила 15 мкм. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с данными полученными независимо другими исследователями.

Проведенные исследования показали, что точность измерений на координатно-измерительной машине существенно зависит от шероховатости обработанной поверхности. Поэтому предпочтительно в испытаниях использовать заготовки, подвергнутые термообработке, например нормализации или отжигу.

Источник финансирования. «Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90045».

Список литературы

1 Поляков А.Н. Методика сокращенных тепловых испытаний металлорежущих станков // Техника машиностроения. 2002. № 1 (35). С 4-10.

2 Поляков А.Н., Гончаров А.Н. Автоматизированная система коррекции температурной погрешности станков с ЧПУ // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2016. № 2 (227). С. 33-41.

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

**Попов Г. В., Коннов А.Л., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления. Технологический объект управления (ТОУ) - это совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям или регламентам технологического процесса производства.

Система управления ТОУ является АСУТП в том случае, если она осуществляет управление ТОУ в целом в темпе протекания технологического процесса и если в выработке и реализации решений по управлению, участвуют средства вычислительной техники и другие технические средства и человек-оператор.

АСУТП как компоненты общей системы управления промышленным предприятием предназначены для целенаправленного ведения технологических процессов и обеспечения смежных и вышестоящих систем управления оперативной и достоверной технико-экономической информацией, транспортировкой, складированием входных материалов, заготовок и готовой продукции и т. д.), входящими в состав данного производства.

Организация взаимодействия АСУТП с системами управления высших уровней определяется наличием на промышленном предприятии автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) и автоматизированных систем организационно-технологического управления (АСОУТ). АСУТП получает от соответствующих подсистем АСУП или служб управления предприятием непосредственно или через АСУОТ задания и ограничения (номенклатуру подлежащих выпуску продуктов или изделий, объемы производства, технико-экономические показатели, характеризующие качество функционирования АТК, сведения о наличии ресурсов) и обеспечивает подготовку и передачу этим системам необходимой для их работы технико-экономической информации, в частности о выполнении заданий, продукции, оперативной потребности в ресурсах, состоянии АТК (состоянии оборудования, ходе технологического процесса, его технико-экономических показателях и т. п.).

При создании на предприятии комплексной системы управления качеством продукции АСУТП являются ее исполнительными подсистемами, обес-

печивающими за данное качество продукции ТОО и подготовку фактической оперативной информации о ходе технологических процессов.

При создании АСУТП должны быть определены конкретные цели функционирования системы и ее назначение в общей структуре управления предприятием. Такими целями, например, могут быть:

- экономия топлива, сырья, материалов и других производственных ресурсов; обеспечение безопасности функционирования объекта;
- повышение качества выходного продукта (изделия) или обеспечение заданных значений параметров выходных продуктов (изделий);
- снижение затрат живого труда; достижение оптимальной загрузки (использования) оборудования;
- оптимизация режимов работы технологического оборудования (в том числе, маршрутов обработки в дискретных производствах) и т. д.

Функция АСУТП - это совокупность действий системы, направленных на достижение частной цели управления. Следует отличать функции АСУТП в целом от функций, выполняемых всем комплексом технических средств системы или его отдельными устройствами. Функции АСУТП подразделяются на управляющие, информационные и вспомогательные.

Вспомогательные функции АСУТП - это функции, обеспечивающие решение внутрисистемных задач. Вспомогательные функции не имеют потребителя вне системы и обеспечивают функционирование АСУТП. В зависимости от степени участия людей в выполнении функций системы различаются два режима реализации функций: автоматизированный и автоматический.

Автоматизированный режим реализации АСУТП информационных функций АСУТП предусматривает участие людей в операциях по получению и обработке информации. АСУТП представляют собой системы управления, качественно отличные от систем автоматического регулирования (САР), предназначенных для стабилизации режимов процессов и агрегатов.

Системы автоматического регулирования, как правило, представляют собой замкнутые системы управления, функционирующие без участия человека. Основная цель САР - оптимальная отработка задания, обеспечивающего стабилизацию требуемой физической величины или технологического параметра. При этом значение задания считается известным и может быть как постоянным, так и изменяющимся по заранее известному закону.

Структура АСУТП, в отличие от САР, предполагает неперенное участие человека - оператора в принятии решений по управлению объектом. Структура АСУТП обязательно включает контур формирования оператором управляющих воздействий, поскольку цель АСУТП - реализация оптимального режима работы объекта. Критериями оптимальности технологических режимов, как правило, являются технико-экономические показатели (к.п.д., удельные расходы сырья, энергии, топлива, себестоимость

продукции), которые обычно не могут быть непосредственно измерены, а получаются в результате соответствующих вычислительных процедур

Создание АСУТП допускается осуществлять по подсистемам. Подсистема АСУТП - это часть системы, выделенная по функциональному или структурному признаку. Функциональный признак позволяет делить систему, например, на управляющую и информационную подсистемы или ряд подсистем в соответствии с целями.

Структурный признак позволяет делить АСУТП на подсистемы, обеспечивающие управление частью объекта или соответствующие самостоятельным частям комплекса технических средств и т. д. При планировании, проведении и обобщении разработок АСУТП следует иметь в виду, что эти системы весьма разнообразны. В зависимости от поставленных целей необходимо пользоваться различными классификационными признаками или их разными сочетаниями.

Классификации по каждому из указанных признаков (а также по любым их сочетаниям) могут рассматриваться и использоваться как независимые: конкретному индексу одного (или нескольких) признака могут соответствовать любые индексы других признаков.

Таблица 1 - Классификация АСУТП по уровню, занимаемому в организационно производственной иерархии

Класс АСУТП	Кодовый индекс	ТОУ
АСУТП нижнего уровня	1	Технологические агрегаты, установки, участки
АСУТП верхнего уровня	2	Группы установок, цехи, производства; не включают АСУТП нижнего уровня
АСУТП много-уровневые	3	То же, что в классе 2, но включая АСУТП нижнего уровня

Характер протекания управляемого технологического процесса во времени определяется непрерывностью (или дискретностью) поступления сырья и реагентов, наличием (или отсутствием) длительных установившихся и переходных режимов функционирования ТОУ, наличием и длительностью дискретных операций по переработке входных потоков материалов.

Таблица 2 - Классификация АСУТП по характеру протекания управляемого технологического процесса во времени

Класс АСУТП	Кодовый индекс	Характер технологического процесса
АСУ непрерывным технологическим процессом	н	Непрерывный с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной подачей сырья и реагентов
АСУ непрерывно дискретным технологическим процессом	п	Сочетание непрерывных и прерывистых режимов функционирования различных технологических агрегатов или на различных стадиях процесса (в том числе периодические процессы)
АСУ дискретным технологическим процессом	д	Прерывистый, с несущественной для управления длительностью технологических операций

Условная информационная мощность ТОО характеризуется числом технологических переменных, измеряемых или контролируемых в данной АСУТП. В зависимости от значения этого показателя АСУТП подразделяются на классы.

Таблица 3 - Классификация АСУТП по условной информационной мощности

Условная информационная мощность	Кодовый индекс	Число измеряемых или контролируемых технологических переменных	
		минимальное	максимальное
Наименьшая	1	10	40
Малая	2	41	160
Средняя	3	161	650
Повышенная	4	651	2500
Большая	5	2501	Не ограничено

Требуемый (или достигнутый) уровень функциональной надежности АСУТП решающим образом влияет на структуру и многие технические характеристики системы, а также на реальные значения показателей её эффективности.

Таблица 4 - Классификация АСУТП по уровню функциональной надежности

Уровень функциональной надежности	Кодовый индекс	Краткая характеристика уровня надежности
Минимальный	1	Практически не регламентируется, не требует специальных мер
Средний	2	Регламентируется, но отказы в АСУТП не приводят к остановкам ТОУ
Высокий	3	Жестко регламентируется, так как отказы АСУТП могут привести к остановкам ТОУ или авариям

Тип функционирования АСУТП приблизительно характеризуется совокупностью автоматически выполняемых информационных и управляющих функций системы.

Таблица 5 - Классификация АСУТП по типу функционирования

Условное наименование типа функционирования АСУТП	Кодовый индекс	Краткая характеристика особенностей функционирования системы
Информационный	и	Автоматически выполняются только информационные функции, решения по управлению принимает и реализует оператор
Локально автоматический	л	Автоматически выполняются информационные функции и функции локального управления (регулирования). Решения по управлению процессом в целом принимает и реализует оператор
Советующий	с	Автоматически выполняются функции информационные, локального управления и с помощью модели процесса формируются советы по выбору управляющих воздействий с учетом критерия
Автоматический	а	Все функции АСУТП, включая управление процессом по критерию, выполняются автоматически

Определенный в соответствии с таблицей 5 класс АСУТП обозначается в кодовой или словесной форме. Кодовое обозначение класса АСУТП состоит

из основного и дополнительного кодов. Основной код строится из цифровых и буквенных индексов классификации, приведенных в таблице.

В результате была разработана схема структуры САР и АСУТП, приведенная на рисунке 1.

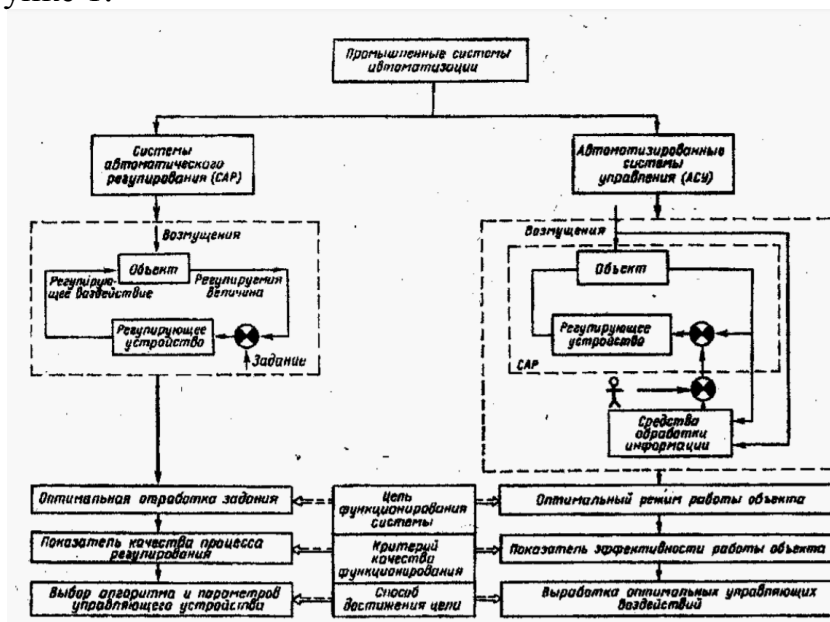


Рисунок 1 - Структуры САР и АСУТП.

Список литературы

- 1 Громов В.С., Покутный А.В., Вишнепольский Р.Л., Тимофеев В.Н. особенности проектирования распределенных АСУТП.
- 2 Страшун Ю.П. Основы сетевых технологий для автоматизации и управления. М., Издательство МГТУ 2003. – 321с.
- 3 Что такое VERICUT? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.vericut.ru/index.php/products/about-vericut> – 27.10.20.
- 4 Норенков И.П., Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. 2002.№1

НЕКОТОРЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АВИАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Припадчев А.Д., д-р техн. наук, профессор, Горбунов А.А., канд. техн. наук,
доцент, Магдин А.Г., канд. техн. наук, Припадчева Л.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Работа выполнена в рамках стипендии Президента РФ № СП-3606.2018.1 от 29.12.2017 г., для молодых ученых и аспирантов на выполнение научного исследования по теме «Методология автоматизированного синтеза проектных и конструкторских параметров транспортной техники нового поколения».

Объем перевозок в России на самолетах авиации общего назначения (САОН, АОН) несмотря на пандемию остается значительным. Например, на местных воздушных линиях в январе 2020 г. составил 4929170, а в октябре – 1430024, на внутренних воздушных линиях в январе 2020 г. – 10467763, в октябре – 11237834, несмотря на то что, количество эксплуатантов не изменилось, рисунок 1 [1, 2, 6].



Рисунок 1 – Динамика количества эксплуатантов и их классификация по состоянию на 31.12.2019 г. (Росавиация)

Возрастание роли АОН в экономике Российской Федерации находит свое отражение в расширении исследовательских программ, основная часть которых – создать техническую базу для дальнейших усовершенствований в области безопасности полетов, эффективности САОН и влияние этих самолетов на окружающую среду. Основные программы исследований и некоторые перспективные направления, следующие:

1 Безопасность полетов. Статистика показывает, что относительные показатели аварийности в АОН непрерывно снижаются. Однако в абсолютных цифрах число катастроф легких самолетов в России возрастает ежегодно, что обусловлено значительными темпами роста авиационных перевозок и работ. Причины этих катастроф разнообразны, однако большая часть связана с попаданием самолетов в режим сваливания и штопора.

Конкретная цель, поставленная Росавиацией перед специалистами, занимающимися проблемами штопора и сваливания САОН, заключается в определении расчетных данных и критериев для легкого самолета, реализация которых исключала бы возможность непреднамеренного выхода самолетов на указанные режимы. Большая часть таких данных получена на испытаниях моделей в аэродинамической трубе и радиоуправляемых моделях. Запланированы испытания полноразмерных самолетов, предназначенных для проверки точности данных, полученных на моделях. На данный момент выполнено около 200 продувок моделей в штопорной аэродинамической трубе и 150 испытательных полетов радиоуправляемых моделей, что составляет 30 % от запланированного объема испытаний.

Результаты проведенных испытаний, в частности, расчетные параметры, доведены частично до изготовителей САОН, которые стали широко использовать методы испытания радиоуправляемых моделей при разработке и доводке своих самолетов.

Составной частью программы исследований в области срывных и штопорных характеристик легких самолетов являются усилия, направленные на повышение аэродинамической эффективности, крыла с целью повысить его срывные характеристики. Пока эти усилия ограничены теоретическими исследованиями, цель которых состоит в изучении возможности создания крыла с заданными срывными характеристиками без ухудшения других аэродинамических или летных характеристик [5].

2 Эффективность. Общая эффективность легких самолетов, определяемая зависимостью «коммерческая нагрузка – дальность полета» или «скорость полета – потребляемая мощность», не претерпела каких-либо существенных изменений за последние десятилетия. Однако современный уровень прогресса в таких областях, как аэродинамика, силовая установка, системы, позволяет значительно повысить эффективность САОН при условии, что исследования будут нацелены на удовлетворение конкретных экономических требований.

Ряд предприятий, работающих в данной области, сосредоточило значительные усилия на исследование проблемы аэродинамики малых скоростей и, в частности, на разработке усовершенствованных аэродинамических профилей. Предварительным результатом этих работ является создание профилей с относительной толщиной 17 %, который специально оптимизирован для применения на САОН и который намного эффективнее существующих профилей. Также интересны профили с относительной толщиной 13 %, у которого характеристики создания подъемной силы и лобового сопротивления заметно выше.

Многочисленные исследования посвящены проблеме снижения лобового сопротивления САОН. Примером являются работы по снижению сопротивления, создаваемого системами охлаждения двигателей. В настоящее время вклад этих систем в общее лобовое сопротивление САОН на крейсерском режиме составляет от 5 до 20 %. Цель проводимых исследований – определить расчетные данные и методы проектирования для кожухов двигателей и внутренних каналов для прохождения охлаждающего воздуха.

3 Влияние на окружающую среду. Проблемы уменьшения влияния САОН на окружающую среду исследуется в двух направлениях:

- снижение выброса в атмосферу продуктов сгорания топлива в двигателях;
- снижение уровня шума.

Что касается шума, то трудность такой проблемы, как снижение шума от воздушных винтов, состоит в том, чтобы достигнуть этой цели при сохранении их тяговых и аэродинамических характеристик. Проблемы снижения шума реактивных двигателей небольших самолетов для деловых сообщений и больших транспортных самолетов аналогичны. Поэтому необходима программа экспериментальных исследований, цель которой – продемонстрировать применимость мер по снижению шума больших ТВД малой мощности. Актуальность этой программы очевидна, т.к. в настоящее время эксплуатируются самолеты деловой авиации, проектирование которых проводилось без учета требований по снижению шума.

Исследуются новые методы эксплуатации САОН, направленные на снижение шума самолетов на местности. В частности, с этой целью проведены летные испытания пяти САОН, в процессе которых осуществлялись четыре вида захода на посадку:

- стандартный с углом глиссады 3^0 ;
- заход на посадку при пониженном лобовом сопротивлении с углами глиссады 4^0 и 3^0 ;
- двухсегментный заход на посадку.

В трех последних случаях достигнуто определенное снижение шума на местности. Однако сопутствующим фактором было заметное увеличение рабочей нагрузки на пилотов.

4 Автоматизация проектирования. Определенные успехи достигнуты в такой области, как оптимизация аэродинамических профилей для крыла и лопастей воздушных винтов с помощью ЭВМ [3, 4].

Имеется ряд автоматизированных систем предпроектных исследований САОН с использованием принципов взаимодействия человека с машиной. В системе используется ЭВМ с устройством ввода-вывода данных в графической форме, причем программа для ЭВМ состоит из подпрограмм, позволяющих проводить вычисления и параметрический анализ данных, относящихся к конфигурации самолета, аэродинамике, силовой установке, весу и центровке, профилю полета и экономике.

Список литературы

1 Анализ эффективности использования воздушных судов по разным сферам применения и оптимизации парка: Отчет по НИР / А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев, Н.З. Султанов, Р.Б. Алтынбаев, Н.В. Вагапова. – Тема по г\б НИР, № гос.рег. 01200407019 (заключительный отчет). Инв. № 02201455677. – М.: ВНТИЦ, 31.01.2014. – 212 с.

2 Аэрокосмическое обозрение: аналитика, комментарии, обзоры. – М.: Издательская группа «Бедретдинов и Ко», 2020. № 1.

3 Горбунов А.А. Концепция стратегии развития автоматизированных методов планирования парка воздушных судов конкурентоспособного предприятия / А.А. Горбунов, Припадчев А.Д. – Оренбург: ОГУ, 2015. - 153 с.

4 Горбунов, А.А., Припадчев А.Д., Кондров Я.В. 2017. AutoWing 1.0 – автоматизированное проектирование крыла магистрального воздушного судна [AutoWing 1.0 – computer-aided design wing of the aircraft] Patent RF: No 2017614364.

5. Кашафутдинов, С.Т. Атлас аэродинамических характеристик крыловых профилей / С.Т. Кашафутдинов, В.Н. Лушин. – Новосибирск: Сиб. НИИ авиации, 1994. 128 с.

6 Официальный Интернет-ресурс Федерального агентства воздушного транспорта [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://favt.gov.ru/about-rosaviation/>

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО PVD МЕТОДОМ

Прокудин Р.С., Кутырев Г.В., Лищенко Н.А., Крылова С.Е.
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При использовании физических методов осаждения (PVD) материал покрытия или пленки переходит из твердой фазы в газовую. Данный процесс можно разделить на две большие группы: испарение и распыление. В первом случае переход материала в газовую фазу происходит под воздействием тепловой энергии, выделяющейся за счет резистивного сопротивления индукционного нагрева (рисунок 1), электронно-лучевых пучков, электрической дуги или лазерного луча.

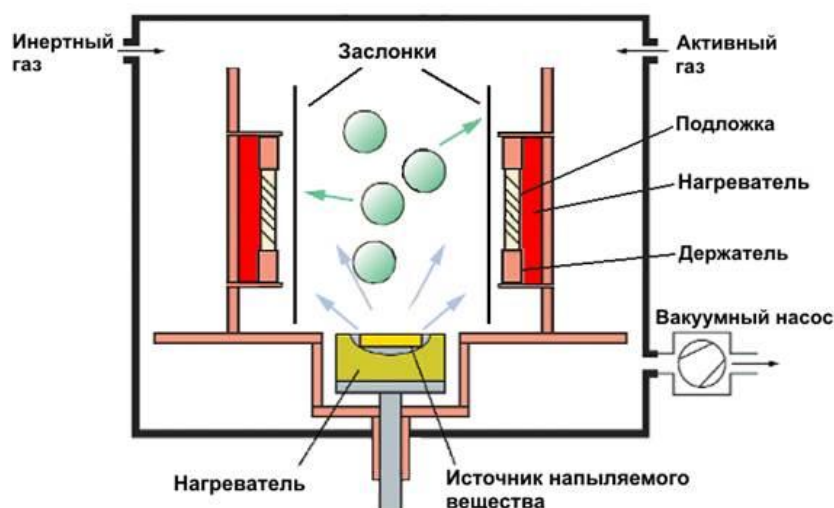


Рисунок 1 - Схема установки для термического испарения

Нанесение покрытий методом PVD проводится при температуре до 450°C, что практически не накладывает ограничения по используемым материалам, на которые наносится покрытие.

PVD-процессы проводят в вакууме или в атмосфере рабочего газа при достаточно низком давлении (около 10⁻² мбар). Это необходимо для облегчения переноса частиц от источника (мишени) к изделию (подложке) при минимальном количестве столкновений с атомами или молекулами газа. В результате покрытие наносится только на ту часть изделия, которая ориентирована к источнику частиц. Скорость осаждения зависит в этом случае от относительного расположения источника и материала. В то же время, поскольку покрытие наносится только на поверхности "в прямой видимости источника", метод позволяет селективно наносить покрытие только на определенные части поверхности, оставляя другие без нанесенного слоя.

[illegible]

10 μm

730

Таблица 1 – Химический состав выделенного участка (001), в % по массе

Зафиксированный элемент в спектре	O	C	N	Zr	Ti	Ni
Содержание, %	10,81	1,31	1,73	84,4	0,73	1,02

Результаты электронной растровой микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа указывают, что основным элементом, входящим в состав покрытия является цирконий, который очевидно связан с кислородом (10,8%), азотом (1,73%) и углеродом (1,31%). Кроме того, в составе покрытия содержатся дополнительные тугоплавкие и дисперсные легирующие элементы никель и титан, в количестве, обеспечивающем микролегирование за счет образования самостоятельных упрочняющих фаз.

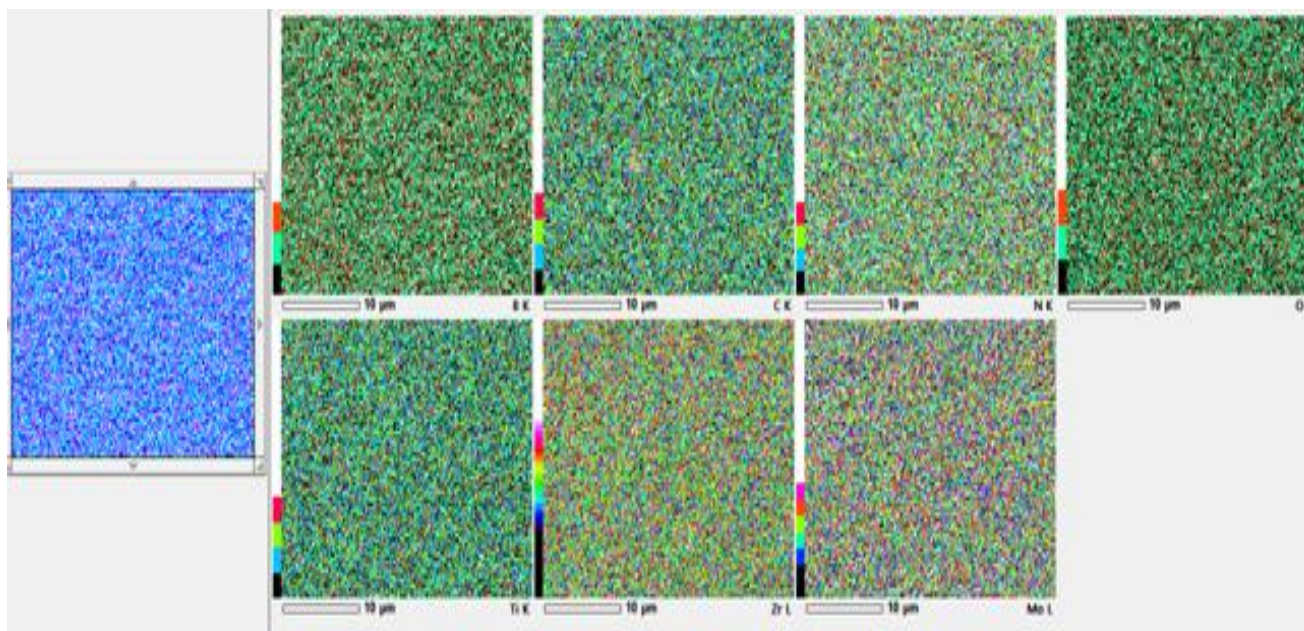


Рисунок 4 - Карта распределения химических элементов в объеме покрытия

Карта распределения химических элементов наглядно демонстрирует, что распределение основных элементов по объему покрытия равномерное.

Полный фазовый анализ материала с покрытием выполняли на минидифрактометре МД 10. Съемку проводили в диапазоне углов 2θ от 15 до 120 ° при номинальном рабочем напряжении на рентгеновской трубке 25 кВ, материал анода – Cu. Результаты качественного рентгенофазового анализа представлены в виде рентгенограммы, полученной вторым пучком электронов в диапазоне углов 2θ от 70 до 120 °, рисунок 5, и данных расшифровки полученных спектров, таблица 2.

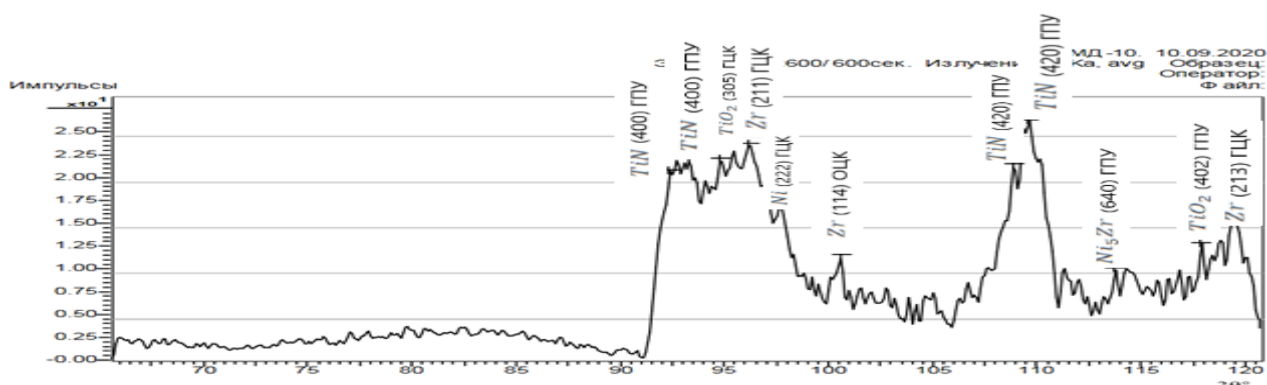


Рисунок 5 – Рентгенограмма образца

При помощи справочника С.С. Горелик и др. «Рентгенографический и электронно-оптический анализ» - М, МИСИС, 1994 – 328 с. расшифрованы параметры спектров, полученных дифрактограмм.

Таблица 2 – Результаты количественного

№	d	hkl	Тип решётки	Фаза
1	1,0685	400	ГПУ	<i>TiN</i>
2	1,0604	400	ГПУ	<i>TiN</i>
3	1,0470	305	ГЦК	<i>TiO₂</i>
4	1,0360	211	ГЦК	<i>Zr</i>
5	1,0240	222	ГЦК	<i>Ni</i>
6	1,0022	114	ОЦК	<i>Zr</i>
7	0,9477	420	ГПУ	<i>TiN</i>
8	0,9433	420	ГПУ	<i>TiN</i>
9	0,9204	640	ГПУ	<i>Ni₅Zr</i>
10	0,9000	402	ГПУ	<i>TiO₂</i>
11	0,8926	213	ГЦК	<i>Zr</i>

Установлено, что из порошка с фазовым составом: тетрагональный - ZrO_2 + остаточный моноклинный - ZrO_2 , при высокоэнергетическом плазменном напылении сформировано двухфазное покрытие из тетрагональной и кубической фаз (~10 %) с преобладанием первой.

Диоксид циркония обладает следующими физико-механическими свойствами: плотностью – $5,67 \text{ г/см}^3$, температурой плавления равной 2677°C , твердостью по шкале Виккерса -12000 Мпа , модуль Юнга – 190 кН/мм^2 , а также коэффициентом термического расширения равным $11 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$. Диоксид циркония – сверхпрочный материал, обладающий уникальными свойствами: стойкостью к коррозии, износу, низкая теплопроводность, высокая прочность и вязкость разрушения, высокая температура плавления [2].

Список литературы

1. Григорьев С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов вузов.- М.: Машиностроение, 2011.- 368 с. – ISBN 978-5-94275-591-1.
2. «Диоксид циркония» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studme.org/192488/tehnika/dioksid_tsirkoniya

ПРИМЕР НАБОРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА

**Проскурин Д.А., канд. техн. наук, доцент, Токпаев Н.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Современный уровень развития газотранспортной промышленности, рост потребности в голубом топливе сопровождается развитием и усовершенствованием газораспределительных станций, обеспечивающих бесперебойную подачу газа потребителю с необходимым давлением. При этом, если эксплуатационные особенности, точность работы и надежность узлов системы, являющихся объектами контроля и управления (датчики, сигнализаторы, измерители, насосы, заслонки и т.п.), не будут соответствовать функциональным и коммутационным возможностям устройств микропроцессорной техники (контроллеры, операторские станции и т.п.), то рассчитывать на существенное улучшение свойств модернизируемой системы вряд ли стоит. Данная статья поможет систематизировать и обобщить теоретические и практические знания в области автоматизации систем измерения расхода попутного нефтяного газа (СИРГ), а также узнать о применяемых программных и технических средствах автоматизированного измерения расхода газа.

Среда разработки Machine Edition.

Machine Edition – это законченное решение для разработки приложений автоматизации в единой среде. Пользуясь интегрированной средой разработки и инструментальными средствами Machine Edition, можно уделить больше времени созданию приложений и потратить меньше времени на изучение программного обеспечения.

Продукты Machine Edition полностью интегрированы со средой и друг с другом: они используют одну и ту же базу данных проекта. Больше не тратится время на синхронизацию баз данных между приложениями; они используют один и тот же набор инструментов, что обеспечивает унифицированный пользовательский интерфейс в процессе разработки; они позволяют использовать возможность «перетаскивания» между инструментальными средствами и окнами редакторов; они являются полностью масштабируемым решением, можно выбрать тип оборудования, предназначенный для загрузки и выполнения проекта.

Все инструментальные средства и редакторы Machine Edition отображаются в окне Machine Edition. Исполняемые программы являются самостоятельными приложениями Windows, поэтому имеется возможность запустить законченное приложение без запуска Machine Edition. На рисунке 1 показано возможное размещение доступных инструментальных средств и редакторов. В основном используются только некоторые из них одновременно. Кроме этого,

многие инструментальные средства доступны только при редактировании проекта. Далее мы рассмотрим некоторые инструментальные средства:

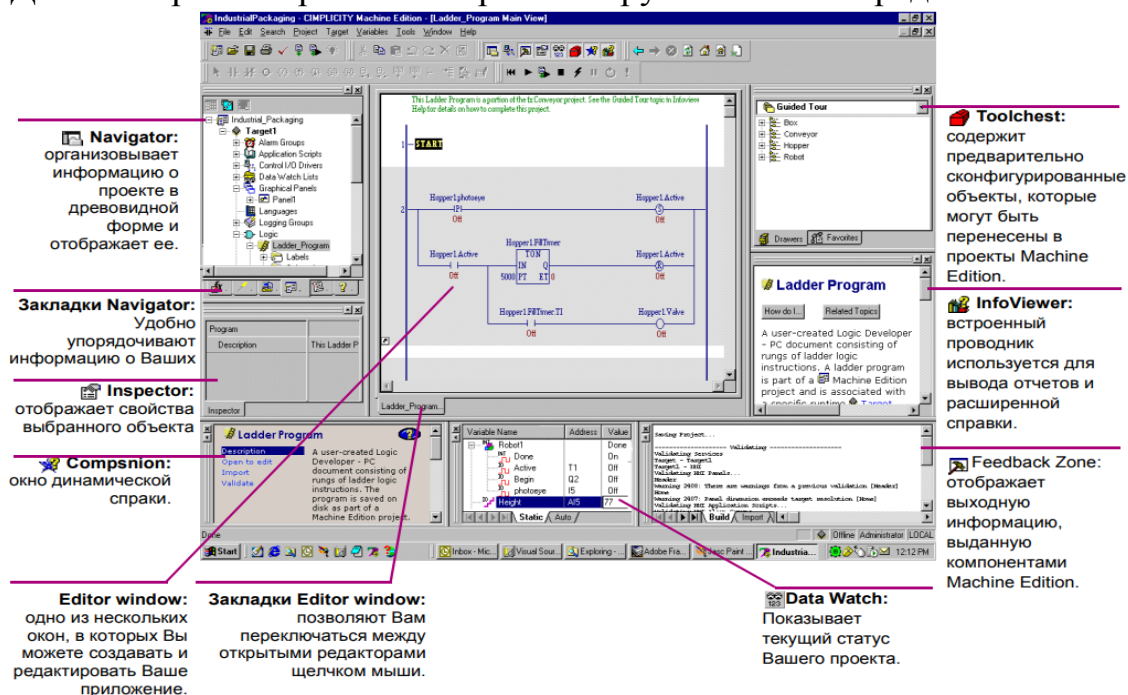


Рисунок 1 – Инструментальные средства и редактор

Работа с редактором релейно-контактной логики – Offline.

Редактор релейно-контактной логики взаимодействует со всеми инструментальными средствами Machine Edition для обеспечения максимальной гибкости при редактировании программы. Рисунок 2 иллюстрирует некоторые операции, которые можно выполнить.

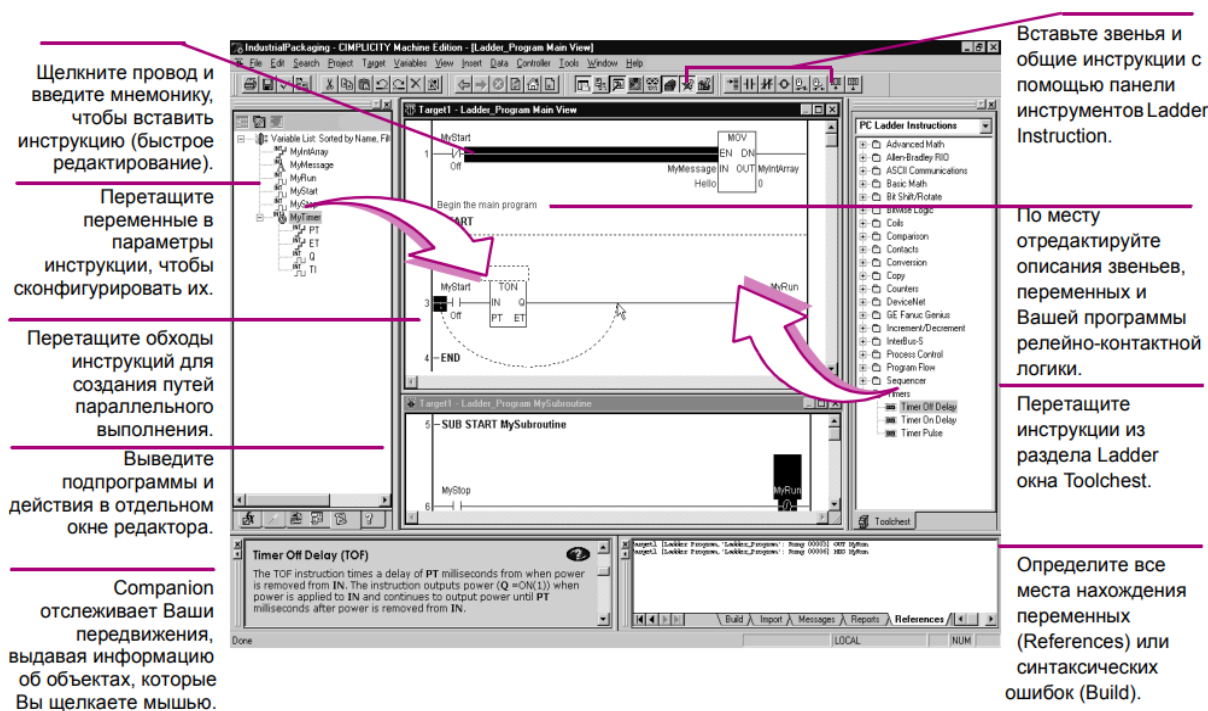


Рисунок 2 – Иллюстрация операции в редакторе релейно-контактной логики

Редактор текстовых команд взаимодействует с инструментальными средствами Machine Edition для обеспечения максимальной гибкости при редактировании программы. Рисунок 3 иллюстрирует некоторые действия редактора.

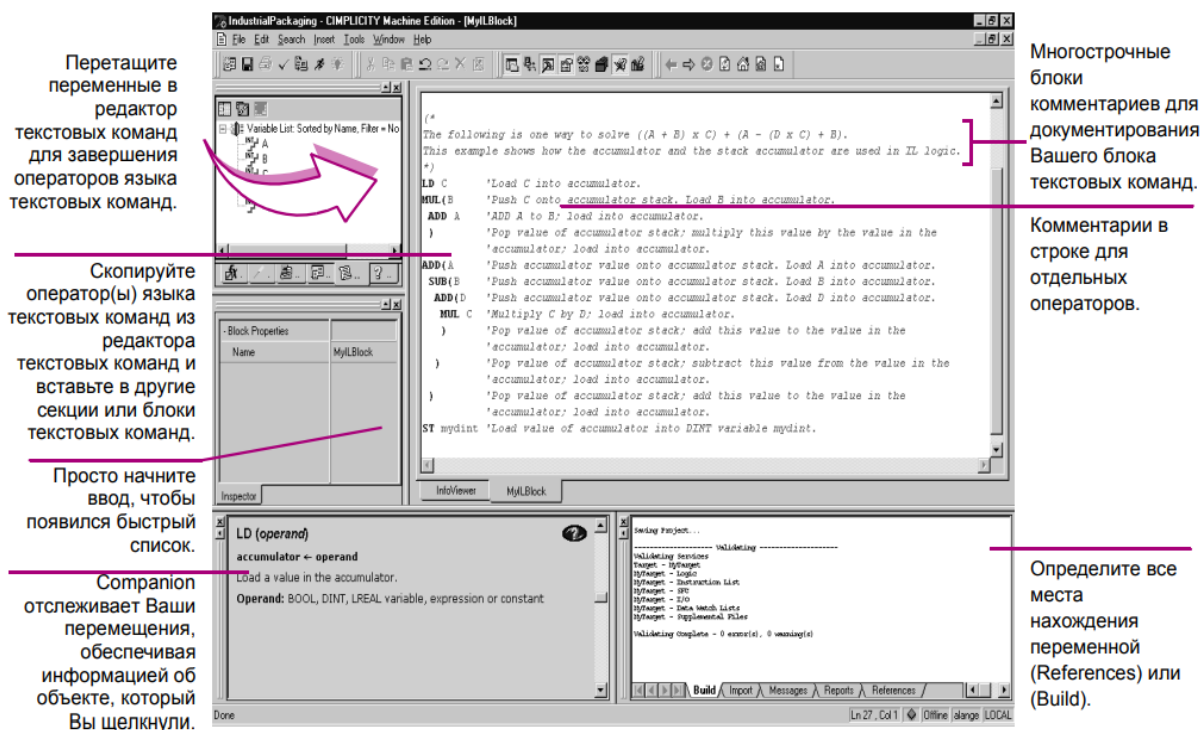


Рисунок 3 – Иллюстрация действию в редакторе текстовых команд

Как и в любой другой автоматизированной системе управления технологическими процессами, процедура физического приема сигналов (digital input – цифровой ввод, analog input – аналоговый ввод) и процедура физического вывода сигналов (digital output – цифровой вывод, analog output – аналоговый вывод) назначаются в директории hardware configuration. К примеру, для управления пропорциональным позиционером, необходимо назначить в директории аппаратной конфигурации аналоговый вывод – analog output. Для считывания значения переменных с датчиков давления, расход, температура, вибрация, детонация и т.д. необходимо назначить аналоговый ввод – analog input. Управление двухпозиционным клапаном осуществляется путем назначения аппаратной конфигурации дискретный ввод – digital output, мониторинг обратной связи двухпозиционного клапана будет осуществляться назначением в аппаратной конфигурации дискретного ввода – digital input.

Редактор визуализации Graphical Panels.

После назначения физических сигналов в директории аппаратной конфигурации – hardware configuration, необходимо преступить к проектированию мнемосхемы (визуализации).

Мнемосхема – совокупность сигнальных устройств и сигнальных изображений оборудования и внутренних связей контролируемого объекта, разме-

щаемых на диспетчерских пультах, операторских панелях или выполненных на персональном компьютере.

Пример создания мнемосхемы в среде редактора Graphical Panels представлен в рисунке 4.

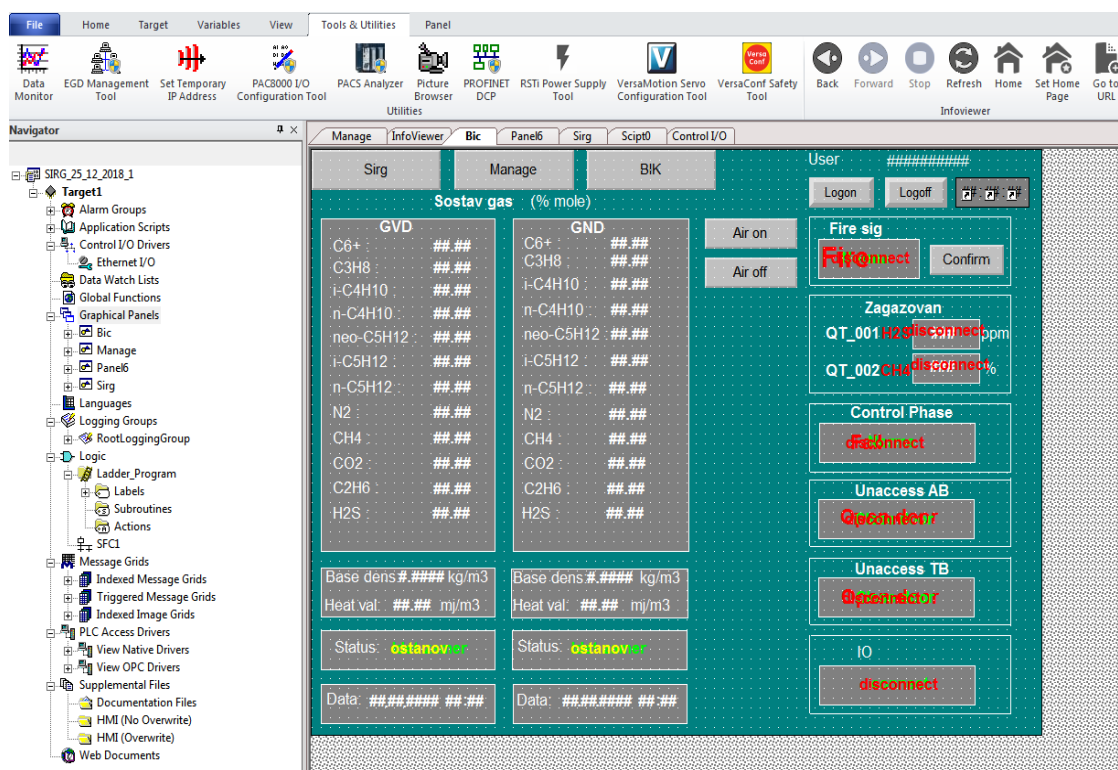


Рисунок 4 – Создание мнемосхемы (визуализации) в среде редактора Graphical Panels

Для автоматизации систем измерения расхода попутного нефтяного газа можно использовать следующие контрольно-измерительные приборы (КИП), рисунок 5.



а- преобразователь давления Cerabar M PMP51;
б - расходомер массовый Promass F 300; в- датчик температуры TMT142R;
г - газовый хроматограф HGC303-1E

Рисунок 5 – контрольно-измерительные приборы

Преобразователь давления измерительный Cerabar M PMP51.

Цифровой преобразователь давления Cerabar M PMP51 с металлической мембраной используется в любой отрасли промышленности для измерения давления, уровня, объема и массы в жидкостях. PMP51 разработан для решения задач измерения высокого давления до 400 бар.

Расходомер массовый Promass F 300.

Promass F давно известен как сенсор, способный осуществлять высокоточные измерения. Благодаря устойчивости к изменяющимся и сложным условиям он подходит для широкого спектра применений. В комбинации с компактным трансмиттером Promass F300 обладает высокой гибкостью с точки зрения эксплуатации и системной интеграции: удобный доступ к электронике трансмиттера, выносной дисплей, улучшенные возможности подключения.

Датчик температуры TMT142R.

Надёжное измерение температуры процесса в тяжелых промышленных условиях. Датчик температуры TMT142R предназначен для тяжелых промышленных применений в условиях повышенных требований к безопасности. Области применения: нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая отрасли, энергетика, а также химическая и нефтехимическая промышленность. Датчик температуры поддерживает возможность занесения индивидуальной статистической характеристики сенсора Pt100 для уменьшения величины основной погрешности датчика до 0,2оС.

Газовый хроматограф HGC303-1E.

Модель HGC303 – это самый компактный газовый хроматограф, способный анализировать 11 различных компонентов природного газа и в цифровом виде выводить полученные данные. Используя современные передовые технологии, была разработана модель HGC303 специально для коммерческого учета, контроля качества природного газа для удовлетворения потребностей растущего рынка в области переработки попутных нефтяных газов.

Список литературы

1 Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн.1. Спб.: Политехника, 2002. - 409 с.

2 Петров Б.Н., Викторов В.А., Лункин Б.В. и др. – Принцип инвариантности в измерительной технике. М.: Наука, 1976. 246 с.

3 ГОСТ 8.586.1,2 – 2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. М.: ИПК Издательство стандартов, 2007.

4 Алланиязов Х. Исследование изменения остроты входной кромки диафрагмы в процессе эксплуатации // Измерительная техника, 1972. №2.

5 Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество газа. Методика (метод) измерений с помощью ультразвуковых преобразователей расхода. Введен 2014-07-01. Москва, Стандартиформ, 2014. 54 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

**Рогова Т.Ф.,
Шепель В.Н., д-р экон. наук, канд.техн. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В современном мире компьютерные технологии широко распространены во многих ветвях медицины. Начиная с компьютеризированной системы рекомендаций врача (назначение анализов и/или медикаментов) и заканчивая роботами-интернами, которые помогают хирургам во время проведения операций.

Проводя различные исследования в области медицины, особое внимание уделяется использованию систем поддержки принятия решений (СППР), там где требуется сложный аналитический подход. Они представляют собой автоматизированную компьютерную систему, цель которой – оказание помощи людям, которые вынуждены принимать важные решения в сложных условиях для анализа определенной деятельности, осуществляемой на основе методов нейронных сетей, когнитивного моделирования, ситуационного анализа и др.

Важным фактором является то, чтобы полученные в медицинской СППР решения были максимально достоверными. Это связано с тем, что в медицине принятие решений напрямую связано со здоровьем и жизнью человека.

Медицина является одной из важнейших областей человеческой сферы деятельности. По статистическим данным, число пациентов ежегодно увеличивается, поэтому вопрос хранения и обработки информации является актуальным на сегодняшний день, а разработка систем поддержки принятия решений позволяют врачам и исследователям повышать качество оказываемых населению услуг в области здравоохранения.

В последнее время в медицинской области наблюдается повышенный рост проводимых научных исследовательских работ. Одним из главных критериев, предъявляемых к проведению этих работ, является грамотное описание методологии проводимых исследований, а также анализ полученных результатов. Грамотный подход к постановке цели и задач, определение методов анализа данных, соблюдение всех правил при постановке выборки единиц изучаемой области и многие другие факторы гарантируют успех исследовательской деятельности в той области, на которую направлен интерес ученых. В качестве примера, рассмотрим сравнение широко применяемого в области медицины титана марки Grade 4 в исходном и ранее не использованном в этой области наноструктурированном состоянии.

Наноструктурированный технически чистый титан, полученный методами интенсивной пластической деформации, открывает новые пути и концепции для медицинских имплантатов, демонстрируя преимущества в различных обла-

стях технологий изготовления медицинских изделий [1]. Процесс наноструктурирования технически чистого титана Grade 4 позволяет миниатюризировать некоторые медицинские изделия за счет того, что в исходном состоянии титан обладает пределом прочности 700 МПа, а в наноструктурированном состоянии – 1020 МПа. Рассмотрим это на примере пластин для остеосинтеза.

Другим важным критерием при уменьшении размеров пластин для остеосинтеза, являлось сохранение контактной площади между изделием и костью (для лучшей фиксации отломков кости). На рисунке 1 представлен вид реальной базовой пластины и ее компьютерной модели.



Рисунок 1 – Базовый вариант пластины: (а) – для закрепления отломков при переломах костей лицевого скелета; (б) – компьютерная модель этой пластины

В результате расчета размеров на примере базовой мини пластины было принято решение уменьшить толщину пластин от 0,9 до 0,6 мм, а диаметр отверстия от 2 до 1,7 мм. Таким образом, удалось уменьшить толщину образца и увеличить контактную площадь между изделием и фиксируемой костью.

Для определения качества миниатюризованных пластин были проведены численные эксперименты с помощью программы Ansys. Распределение поля напряжений при моделировании нагружения на изгиб пластины показано на рисунке 2.

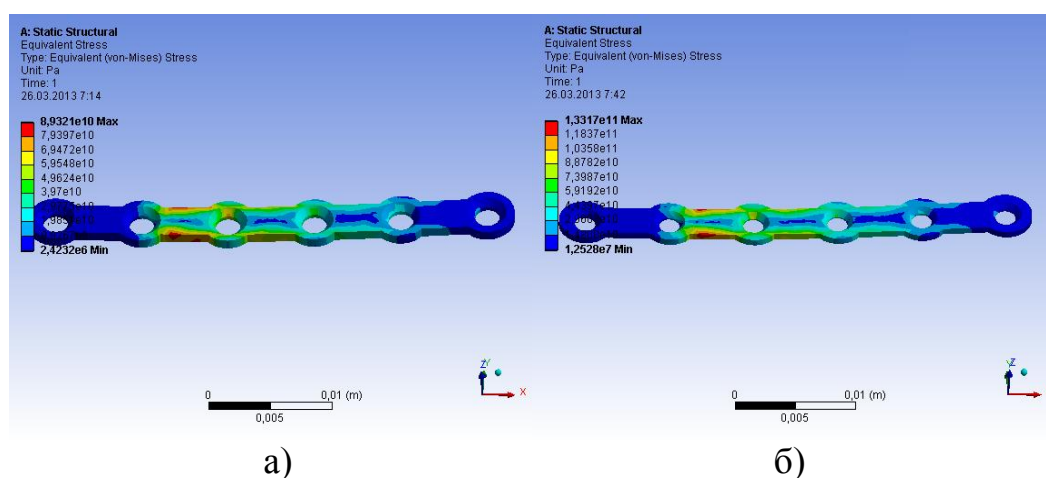


Рисунок 2 – Распределение полей напряжения при изгибе пластины

а) пластина из титана марки Grade 4 в исходном состоянии, б) пластина из титана той же марки в субмикроструктурном состоянии

Видно, что в местах закрепления и приложения нагрузки напряжения минимальны. Напряжения концентрируются в центральной части пластин, испытывающих деформацию на изгиб.

Распределение напряжений в центральной части пластин титана при данном виде нагружения показаны на рисунке 3

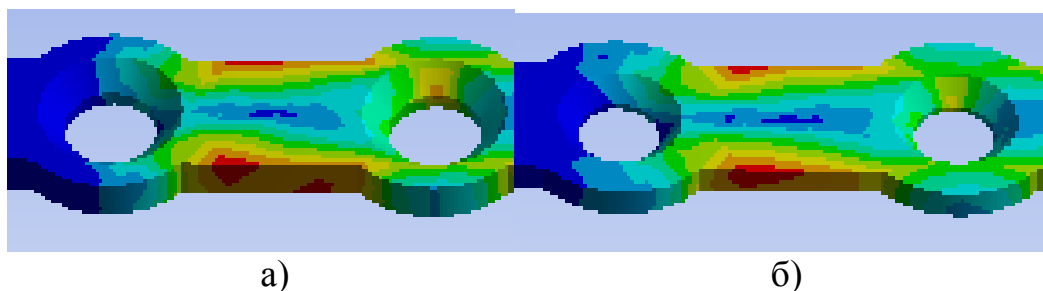


Рисунок 3 – Зоны максимальной концентрации напряжений а) – в пластине из титана марки Grade 4 в исходном состоянии, б) – в пластине из титана той же марки в субмикроструктурном состоянии

Таким образом, можно заключить, что данная модификация пластин, а именно уменьшение толщины пластины и диаметра отверстий для шурупов, не приводит к искажению полей напряжения при разных видах нагрузки, а так же не вызывает возникновения новых зон с повышенной концентрацией напряжений.

Параллельно проводились испытания на прочность и биосовместимость наноструктурированного титана.

Ряд усталостных испытаний позволил установить, что усталостная прочность мини-пластин из наноструктурированного титана марки Grade 4 в 5,8 раз выше прочности промышленных пластин из обычного титана.

Результаты гистологических исследований показали, что костная ткань в зоне имплантации развивается без отклонений, а иммуноцитохимическая идентификация позволила установить отсутствие опухолеобразования и атрофии клеток, что говорит об отсутствии неблагоприятных факторов для вживления имплантов из наноструктурированного титана.

Согласно федеральному закону 21.11.2011 №323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» Статья 38 323-ФЗ которая гласит «Медицинскими изделиями являются любые инструменты, аппараты, приборы, оборудование, материалы и прочие изделия, применяемые в медицинских целях отдельно или в сочетании между собой, а также вместе с другими принадлежностями, необходимыми для применения указанных изделий по назначению, **включая специальное программное обеспечение**, и предназначенные

производителем для **профилактики, диагностики, лечения и медицинской реабилитации заболеваний, мониторинга состояния организма человека, проведения медицинских исследований**, восстановления, замещения, изменения анатомической структуры или физиологических функций организма, предотвращения или прерывания беременности, функциональное назначение которых не реализуется путем фармакологического, иммунологического, генетического или метаболического воздействия на организм человека. Медицинские изделия могут признаваться взаимозаменяемыми, если они сравнимы по функциональному назначению, качественным и техническим характеристикам и способны заменить друг друга», можно сделать вывод что система принятия решения так же является медицинским изделием, так как оно **совместно с медицинскими устройствами предназначено** для приема и обработки сигналов (массивов данных), поступающих от медицинского устройства (МУ), их представления (визуализации, отображения, воспроизведения) медицинскому работнику в виде изображения, звукового потока или символов (чисел, текста и т.д.) и их документирования для последующего использования (в том числе включения в состав электронных медицинских документов). Сюда относится в том числе ПО, внешнее по отношению к МУ (может быть отдельным объектом разработки/поставки), включая системы обработки и отображения медицинских изображений в диагностических целях (PACS), лабораторные информационные системы (ЛИС), а также системы дистанционного мониторинга пациентов [2].

Информационные технологии широко применяются для **хранения, обработки и передачи медицинских данных**, в т.ч. документированных или вводимых врачом, или поступающих непосредственно от медицинского устройства (МУ). Формально, к этому классу можно отнести очень широкий спектр ПО, включая системы ведения электронных медицинских карт (ЭМК) и медицинские информационные системы медицинских организаций (МИС МО), системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), а также решения на базе искусственного интеллекта, анализирующие различные медицинские данные и формирующие подсказки/предложения врачу по тактике обследования и лечения пациента, включая системы выявления патологий в медицинских изображениях, системы подбора лекарственной терапии и т.д.

Каждые четыре года объем медицинской информации удваивается. Электронные ресурсы почти столь же велики, как и печатные, но в отличие от них менее систематизированы.

Таким образом, появляется необходимость в постоянно мониторинге новых медицинских систем или медицинском оборудовании. Целью данной работы является представление системы поддержки принятия решений, которая направлена на анализ каждого медицинского изделия на основе описательной части, статей, отзывов и прочих публикаций в области медицины.

Основные задачи исследования:

1. Определение типа медицинского изделия и сферы его применения.

2. Разработка обобщенного алгоритма СППР и определения этапов для обеспечения оперативности и эффективности принятия решения для использования медицинского изделия.

3. Разработка методики формирования системы оценок по каждому показателю, которые необходимо учитывать при выборе медицинского изделия.

4. Разработка СППР структуры.

5. Разработка алгоритмов выбор математического аппарата.

6. Проведение экспериментальной апробации СППР.

В работе будут использованы методы системного анализа, технология разработки СППР, методы извлечения знаний, метод анализа иерархий, методы математического моделирования, статистические методы, элементы теории реляционных БД [3].

Для данной СППР был выбран аппарат многозначной логики для анализа данных в системах принятия решения [4]. Математический аппарат логического дифференциального исчисления позволяет исследовать зависимость изменения значения результирующего атрибута от изменения значений исходных атрибутов, заданных лингвистическими (категориальными) переменными посредством однородных и регулярных по структуре матричных алгоритмов. Ориентирование аппарата на обработку лингвистических переменных обеспечивает возможность его использования в качестве инструмента СППР. Полученные матричные аналоги направленных логических производных по переменным (вектору переменных) и разработанные параллельные алгоритмы их вычисления, удовлетворяют требованиям программной реализации на типовых пакетах программ матричной алгебры.

Таким образом, практическое применение такого инструментария позволит в минимальные сроки выполнить анализ необходимых исследователю медицинских изделий на основе описательной части, статей, отзывов и прочих публикаций в области здравоохранения, выработать оптимальное по ряду критериев решение об его эксплуатации, осуществить моделирование принятого решения и дать научно обоснованные выводы о результатах принятого решения.

Подводя итог, можно сказать что системы поддержки принятия решений в области медицины и медицинских исследований, выполняют роль сбора и анализа данных, информационное сопровождение врача при обследовании пациента, диагностике, назначении лечения с целью снижения возможности допущения врачебных ошибок и повышения качества оказываемой медицинской помощи, а также широко используются в области медицинских исследований и при решении конкретных проблем и задач в здравоохранении.

Список литературы

1 Андриевский, Р. А. Наноструктурные материалы: учеб.пособие для студентов высших учебных заведений /Р.А. Андриевский, А.В.Рагуля.-М.: Издательский центр Академия,2005. – 192с.

2 Российская Федерация. Законы. Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации : [принят Гос. Думой 1 ноября 2011 г.: одоб. Советом Федерации 9 ноября 2011 года].

3 Джозеф Джарратано, Гари Райли «Экспертные системы: принципы разработки и программирование» : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1152 стр.

4 Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и DataMining.– СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.: ил. ISBN 5-94157-522-X.

5 Советов Б.Я. Интеллектуальные системы и технологии – М.: Издательский центр «Академия», 2013.- 320 с.

РОЛЬ САЕ-СИСТЕМ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

**Ряховских П.В., Каменев С. В., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Компьютерные технологии в машиностроении начали применяться не так давно, но уже значительно облегчили работу и улучшили качество производства. Применение таких технологий преимущественно направлено именно на изменение технологии производства и проектирования. Это довольно сильно сокращает сроки создания изделий, а также снижает стоимость этих изделий и повышает их качество. Компьютерные технологии применяются не только для автоматизации станков и оборудования, но и для цифрового макетирования изделий. Такой подход находит свое применение, прежде всего, для сложных машиностроительных изделий. В этом случае компьютерные технологии призваны обеспечить создание точного и подробного макета изготавливаемой детали, что дает огромные возможности для создания более качественной продукции в более сжатые сроки.

Сегодня во всех сферах производственной деятельности идет серьезная конкурентная борьба. В этой связи производитель, умеющий точнее и быстрее проектировать и прогнозировать качество выпускаемой продукции, а также определять оптимальную технологию ее производства, имеет большее конкурентное преимущество. При этом средством реализации идеи практически любой сложности может служить какая-либо система автоматизированного проектирования (САПР). Под данным понятием подразумевается программное обеспечение, которое позволяет формировать модель объекта с заданной точностью, а также осуществлять подготовку необходимой конструкторской, технологической или иной документации [1].

К числу таких систем относятся и САЕ системы, представляющие собой класс продуктов для компьютерной поддержки расчетов и инженерного анализа (Computer Aided Engineering). Появление и распространение подобных систем неразрывно связано с активным внедрением методов твердотельного геометрического моделирования, т.к. наличие твердотельной модели детали служит предпосылкой прогнозирования ее поведения в реальных условиях эксплуатации, включая отклик на воздействие силовых и тепловых нагрузок, сопротивление окружающей среды и т.п. По сути современные САЕ-системы являются специализированными программными продуктами, способными оценить, как поведет себя реальное изделие на основе его компьютерной модели.

В большинстве случаев математической основой САЕ-систем служат различные вычислительные методы, а именно: метод конечных объемов, метод конечных разностей, метод граничных элементов, метод конечных элементов. Этих методы, реализованные в САЕ-системах, позволяют инженеру-расчетчику

оценивать работоспособность изделия с минимальными затратами времени и ресурсов [2].

Неполный список задач, решаемых при помощи САЕ-систем, включает в себя:

- оптимизацию процессов или продуктов;
- моделирование различных технологических процессов;
- кинематические исследования механизмов, включая решение прямой и обратной кинематической задачи;
- гидродинамический и тепловой анализ;
- прочностной анализ узлов и компонентов.

Для САЕ-систем наиболее приоритетны следующие направления развития:

- усовершенствование характеристик моделей, применяемых для описания свойств материалов;
- улучшение методов решения междисциплинарных задач моделирования;
- улучшение методов построения расчетных сеток, описания граничных условий;
- оптимизация САЕ систем для компьютерных платформ с 64-битными и многоядерными процессами, улучшение условий для моделирования сложных конструкций с большим количеством степеней свободы.

Большинство существующих коммерческих САЕ-систем основаны на использовании метода конечных элементов (МКЭ). Идея этого метода заключается в замене непрерывной функции, описывающей изучаемое явление или процесс, дискретной моделью, которая строится на базе множества кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Каждая такая подобласть конечна и представляет собой часть (элемент) всей области, поэтому их называют конечными элементами. Это позволяет эффективно использовать данный метод для решения большинства задач теории поля, среди которых можно назвать:

- расчет магнитных, электромагнитных и электрических полей;
- термодинамические расчеты;
- гидродинамические расчеты;
- прочностные расчеты узлов и деталей (решение задач теории упругости) [3].

Однако использование САЕ-систем сопряжено с рядом проблем, одной из которых выступает их «моральное устаревание». Если проанализировать даты появления наиболее известных САЕ-систем, то можно увидеть, что большинство из них были разработаны более двадцати лет назад, что для современных темпов развития технологий довольно большой срок. Доработки и обновления уже существующих систем лишь усложняют и так сложные системы, но это не делает их более современными. Также внедрение новых технологий в систему, построенную по старой архитектуре, скорее всего, будет затратным и неэффективным. Поэтому особый интерес в современных условиях представляют новые

САЕ-системы, вобравшие в себя последние достижения в области инженерного анализа и вычислительных методов.

Одной из наиболее перспективных таких систем представляется САЕ-система «Autodesk Inventor Nastran (Nastran In-CAD)», полностью интегрированная с популярной САД-системой «Autodesk Inventor» и соответствующая отечественным стандартам ГОСТ и СНИП. Разработкой и продвижением данной системы на рынке программного обеспечения занимается компания «Autodesk, Inc.» – признанный мировой лидер в области разработки средств автоматизированного проектирования и компьютерной графики, большинство программных продуктов которой (включая «Autodesk Inventor Nastran») для учебных целей доступны бесплатно, что существенно повышает их доступность и привлекательность.

Данная система дает возможность решать широкий круг задач различной физической природы, а именно:

- линейные задачи, включающие в себя:
 - а) статический расчет конструкций;
 - б) расчет коэффициентов запаса усталостной прочности;
 - в) определение частот и форм собственных колебаний;
 - г) расчет отклика на вибрационные нагрузки;
 - д) вычисление напряжений при переходе системы из одного состояния в другое (с возможностью определить форму колебаний);
 - е) решение задачи потери устойчивости;
- нелинейные задачи, включающие в себя:
 - а) оценку напряженно-деформированного состояния с большими величинами деформаций;
 - б) расчеты с использованием материалов с нелинейными характеристиками и свойствами;
 - в) анализ поведения тел, в том числе гибких и жестких;
 - г) расчет задач на потерю устойчивости конструкции;
 - д) нелинейный временной динамический анализ;
- задачи теплообмена, включая решение задач стационарного и нестационарного теплообмена;
- решение контактных задач, включая моделирование идеального и неидеального контакта.

Все вышеперечисленное делает САЕ-систему «Autodesk Inventor Nastran» весьма перспективной в части решения расчетных задач, имеющих место в машиностроительном производстве. Однако эффективное использование этой системы сдерживается отсутствием какого-либо доступного методического обеспечения, которое необходимо неподготовленному пользователю в силу высокой сложности системы. Разработка этого методического обеспечения требует детального анализа возможностей системы и является целью дальнейших исследований, направленных на повышение эффективности проектирования конкурентоспособных машиностроительных изделий.

Список литературы

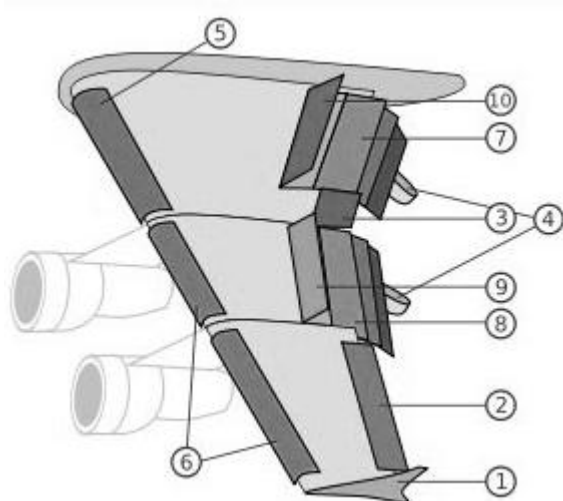
- 1 Соболев, А. Н. Расчет и моделирование мальтийских механизмов станков в CAD/CAE-системах / А. Н. Соболев, А. Я. Некрасов // СТИН, 2015. – № 9. – С. 2-5.
- 2 Ерохин, В. В. CAD/CAM/CAE-технологии в моделировании технических объектов / В. В. Ерохин, Е. В. Елисеева // Автоматизация и современные технологии, 2014. – № 11. – С. 25-28.
- 3 Обзор технологий интеграции CAD и CAE [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / Моск. Энегрет. Ин-т. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2009/fvti/fedorenko/library/art1.htm> (дата обращения: 05.12.2020).
- 4 CAE-системы в XXI веке [Электронный ресурс]: – Интернет-учебник. – Режим доступа : <https://sapr.ru/article/6796> (дата обращения: 05.12.2020).

ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ КРЫЛА ВОЗДУШНОГО СУДНА

Саланько А.А., Припадчева Л.В.
Университетский колледж ОГУ, г. Оренбург

Крыло воздушного судна (ВС) является одной из основных частей самолета, которая предназначена для повышения аэродинамической подъемной силы и обеспечивает поперечную устойчивость и управляемость ВС. Основные элементы крыла ВС представлены на рисунке 1.

- 1 – законцовка крыла;
- 2 – концевой элерон;
- 3 – корневой элерон;



- 4 - обтекатели механизма привода закрылок;
- 5- предкрылок; 6 – предкрылок;
- 7 – корневой трехщелевой закрылок;
- 8 – внешний трехщелевой закрылок;
- 9 – интерцептор;
- 10 – интерцептор/воздушный тормоз.

Рисунок 1 – Элементы крыла

Устройства, которые устанавливаются на крыло ВС для изменения его характеристик на протяжении разных стадий полета, называются механизацией крыла. Она предназначена для увеличения подъемной силы ВС и этот процесс зависит от нескольких параметров – скорости движения ВС, плотности воздуха, площади крыла и его коэффициента подъемной силы. Соответственно можно сделать вывод, что механизация крыла кроме площади крыла еще и увеличивает его кривизну и толщину профиля. На самом деле не совсем так, ведь увеличение толщины профиля связано с большими технологическими сложностями, не столь эффективно и больше ведет к увеличению лобового сопротивления, поэтому этот пункт необходимо отбросить, соответственно механизация крыла увеличивает его площадь и кривизну. Делается это с помощью подвижных частей (плоскостей), расположенных в определенных точках крыла. По месторасположению и функциям, механизация крыла делится на закрылки, предкрылки и спойлеры (интерцепторы). Двумя основными элементами крыла современного ВС являются закрылок и предкрылок.

Закрылки – первая из придуманных разновидностей механизации крыла, они же и наиболее эффективны. Они широко применялись еще до Второй Мировой войны, а на ее протяжении и после их конструкция была доработана и, также, были изобретены новые виды закрылок. Основными характеристиками, которые указывают на то, что это закрылок действительно является им – его

расположение и манипуляции, которые с ним происходят. Закрылки всегда находятся на задней кромке крыла и всегда опускаются вниз, и, к тому же, могут выдвигаться назад. При опускании закрывка увеличивается кривизна крыла, при его выдвижении – площадь. А раз подъемная сила крыла прямо пропорциональна его площади и коэффициенту подъемной силы, то если обе величины увеличиваются, закрывок выполняет свою функцию наиболее эффективно.

Предкрылки – отклоняемые поверхности на передней кромке крыла. По своему строению и функциям они схожи с закрывками Фаулера – отклоняются вперед и вниз, увеличивая кривизну и немного площадь, образуют щель, для прохода воздушного потока к верхней кромке крыла, чем способствуют увеличению подъемной силы. Предкрылки, просто отклоняемые вниз, которые не создают щели называются отклоняемыми носками и только увеличивают кривизну крыла. А теперь после составных крыла рассмотрим, как собирается крыло, мы нашли два довольно интересных способа сборки крыла.

На наш взгляд интереснее всего, то как создается крыло. Выделяют классический способ сборки крыла ВС и современные способы сборки.

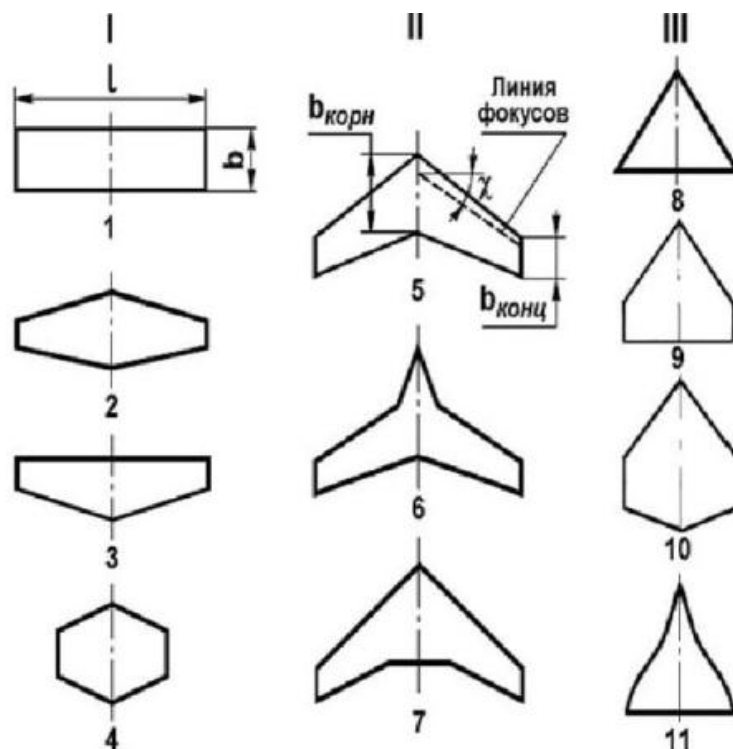
В технике сборки ВС существуют разнообразные виды крыльев ВС, такие как прямоугольные, трапециевидные, стреловидные, треугольные и так далее. Все формы крыльев представлены на рисунке 2.

Прямоугольные крылья позволяют создавать наибольшую подъемную силу. Они более устойчивы и хорошо управляются. Их целесообразно использовать на скоростях меньше звука. Они обеспечивают лучшие параметры ВС при взлете и посадке, а также при выполнении маневров. Однако такие конструкции создают большое сопротивление при больших скоростях полета и они более тяжелые.

Трапециевидные крылья менее тяжелые, чем прямоугольные, но они более жесткие. Чем больше суживается такое крыло, тем оно легче и тем жестче оно должно быть. Трапециевидные крылья тоже с успехом используются на дозвуковых ВС.

Стреловидные крылья применяются для полета на больших дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. По сравнению с прямым крылом, у стреловидного меньше несущие способности при одинаковых скоростях полета. Это снижает устойчивость и управляемость ВС. Чтобы компенсировать этот недостаток, на поверхностях стреловидных крыльев вдоль набегающего потока иногда устанавливают дополнительно небольшие вертикальные плоскости и делают пилообразные уступы на передних кромках. Любой летательный аппарат со стреловидным крылом становится более устойчивым и управляемым, по мере увеличения его скорости.

Треугольные крылья. При равных с другими крыльями (например, стреловидными) площади крыла и нагрузках, их конструкция легче и более жесткая. Меньший вес объясняется меньшим значением изгибающих и осевых сил при большем поперечном сечении крыла. Повышенная жесткость такого крыла обусловлена большими, по сравнению с другими крыльями, моментами инерции, что тоже объясняется большим поперечным сечением крыла.



I—прямые; II – стреловидные; III – треугольные;

1 – прямоугольное; 2 – трапецевидное; 3 – трапецевидное с прямой передней кромкой; 4 – трапецевидное с малого удлинения; 5- с прямой стреловидностью; 6 – с переменной стреловидностью; 7 – со спрямленным участком; 8 – с острыми концами; 9 – со срезанными концами; 10 – с обратной стреловидностью задней кромки; 11 – с переменной стреловидностью передней кромки (оживальное)

Рисунок 2 – Формы крыльев ВС

При применении классического способа сборки необходима ровная базовая поверхность. Но без этого вероятность успеха призрачна. Чем ровнее поверхность (стол), тем лучше. Для сборки крыла используются 2 ровные стальные планки с карнизом для установки нервюр. Высота планок каждой в отдельности вдоль длины должна быть одинакова. Насколько позволяет точность вашего мерительного инструмента и представления об отклонениях, которые допускается для крыла. Оклейте тонким пластиком, чтоб не повелись со временем, если планки из дерева. водорастворимый клей не применяйте. Как и мокрое дерево. Склеивку производить на ровной поверхности, без деформаций и напряжений. Согласно контуру профиля, изготовьте болванку для гибки бальзового «лобика» крыла. От наружного контура отнимите толщину бальзовой обшивки, создайте шаблоны и строгайте. Можно на ЧПУ. При тонкой легкой бальзе после обтяжки межнервюрные прогибы лобика заметнее. Они должны быть абсолютно симметричны. Несимметричный шаблон произведёт несимметричные нервюры и профиль крыла. Несимметрия профиля это аэродинамическая крутка. Причем на разных консолях, выполненным по одним несимметричным

шаблонам, крутка удвоится. Форму сборки крыла из дерева показан на рисунке 3.

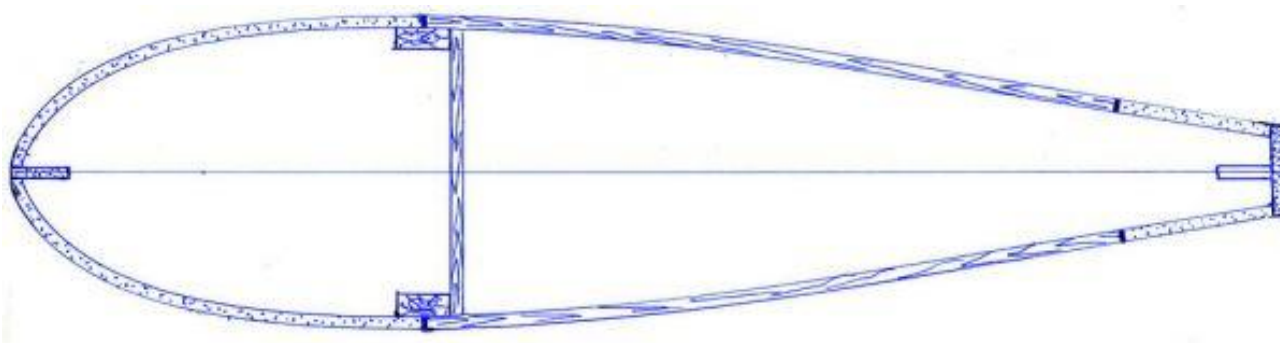


Рисунок 3 – Сборка крыла из дерева

Современная технология сборки крыла ВС была проделана в Ульяновске. Рассмотрим на примере сборки крыла ВС типа МС-21.

Самое необычное ВС типа МС-21 — его крылья и несколько других деталей силовой конструкции. Они изготовлены из полимерных композитных материалов (ПКМ). В мире сегодня существует только три ВС с такими крыльями: Boeing 787 Dreamliner, Airbus A350 XWB и Bombardier CSeries. ПКМ — это несколько слоёв углеволокна, скреплённого между собой специальной смолой. Во-первых, прочность углепластиков выше чем у алюминия в 6-8 раз, а удельный вес — ниже в 1,5 раза. Использование ПКМ при производстве космической и авиационной техники позволяет сэкономить от 5 до 30% веса летательного аппарата. Во-вторых, крыло ВС из ПКМ условно состоит из 10 элементов, а из металла — из 100. Можно понять, монтаж какого крыла обходится дороже.

Производят такие крепкие и ультрасовременные крылья для МС-21 в Ульяновске. Завод называется «АэроКомпозит» и находится на территории «Авиастара».

Процесс изготовления кессона крыла состоит из нескольких этапов. Сначала подготавливается поверхность нужной формы, на которую будет выложено углеволокно. Тяжёлые конструкции оснастки транспортируются к месту выкладки на специальных платформах. Выкладка сухой углеродной ленты и предварительное формование детали в автоматическом режиме на выкладочной оснастке. Для выкладки используется роботизированный испанский комплекс MТorres, рисунок 4.



Рисунок 4 - Роботизированный испанский комплекс MTorres

Этот робот с высокой точностью укладывает волокно к волокну, формируя слои будущей конструкции. Автоматическую выкладку сухого углеволокна для изготовления крупных интегральных конструкций никто никогда в авиапромышленности не применял.

Полученная заготовка уезжает в большую камеру, в которой углеволокно пропитывается эпоксидной смолой и запекается. Установка контролирует температуру, количество смолы и скорость заполнения вакуумного мешка, в который помещается углеволокно.

Этот процесс может занимать от 5 до 30 часов в зависимости от типа, размера и сложности изготавливаемой детали. Процесс полимеризации смолы и волокна проходит при температуре 180°C. На выходе получается монолитная деталь, её обрабатывают механически. Но до начала обработки нужно убедиться, что деталь действительно является монолитной и не содержит в себе пустоты и дефекты. Для этого она отправляется на пункт неразрушающего ультразвукового контроля Technatom.

Сделаем не большой вывод, что крыло является одной из основных частей ВС, так как именно крыло вызывает подъемную силу, за счет чего ВС может совершать полет.

Список литературы

Сайты в сети «интернет»

Механизация крыла самолёта. Описание. Фото. Видео.: официальный сайт. – URL: <https://avia.pro/blog/mehanizaciya-kryla-samoleta-opisanie-foto-video>. – текст: электронный.

Как делают крылья самолета: официальный сайт. – URL: <https://topwar.ru/124258-kak-delayut-krylya-dlya-samoleta.html> . - текст: электронный.

Аэродинамика самолета: научная электронная библиотека . – URL: <https://vzletim.ru/upload/iblock/e28/aerodynamics02.pdf> . – текст: электронный.

Сборка крыла классической конструкции: информационный сайт. – URL: <http://discovery-aeromodels.com/ru/sborka-kryla-klassicheskoy-konstrukcii.html> . - текст: электронный.

Механизация крыла самолета: официальный сайт. – URL: <http://samoleting.ru/raznoe/mehanizatsiya-kryla-samoleta.html> . - текст: электронный.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИИ ДОРОЖЕК ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В САПР КОМПАС

Сергеев А.И., д-р техн. наук, доцент, Халопов А.А.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Подготовка магистров по направлению 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника, магистерской программе «Системы автоматизации проектирования в машиностроении» требует от обучающихся получения компетенций в области разработки прикладных библиотек для систем автоматизированного проектирования (САПР), в частности для САПР КОМПАС. Данные компетенции позволяют решать реальные производственные задачи по двум направлениям, первое – использование КОМПАС для оформления результатов в виде трехмерных моделей или чертежей, второе – получение исходных данных из документа КОМПАС. Одной из задач, соответствующей второму направлению, является задача разработки управляющих программ (УП) для изготовления печатных плат на станке с числовым программным управлением (ЧПУ).

При разработке чертежа печатной платы в КОМПАС возникает проблема разработки УП, решением которой может быть:

- приобретение САМ-системы;
- написание УП вручную;
- разработка собственного САМ-модуля.

Так как работа ведется в 2D, то было принято решение о разработке собственного САМ-модуля, который с помощью прикладного программного интерфейса позволяет получить доступ к объектам чертежа со всеми их параметрами, необходимыми для автоматической генерации УП [1].

КОМПАС-МАСТЕР представляет собой инструментальные средства разработки дополнительных модулей для САПР КОМПАС, которые позволяют использовать всю силу современного объектно-ориентированного программирования совместно с функциями КОМПАС для создания очень гибких и функциональных приложений. В модели графического документа предполагается, что чертеж состоит из элементов различных типов - видов, геометрических элементов, компонент оформления и других. Может быть несколько разновидностей элементов одного типа, например, существует много разных геометрических элементов. При создании элементов чертежа информация о них запоминается в модели документа.

В прикладной библиотеке может возникнуть необходимость обработки всех элементов заданного типа. Для хранения информации произвольного объема могут применяться динамические массивы. В КОМПАС-МАСТЕР есть средства для перебора элементов непосредственно в модели чертежа, без копи-

рования информации в буферные промежуточные массивы. Этими средствами являются итераторы.

Итератором называется вспомогательный объект КОМПАС-МАСТЕР, предназначенный для программного перебора списка однотипных элементов чертежа. При создании итератора указывается, для какого типа элементов он создается или код ALL_OBJ для перебора элементов любого типа.

Методы для работы с итераторами собраны в интерфейсе ksIterator (таблица 1). Для большинства элементов чертежа, в том числе геометрических элементов, видов, фрагментов, всех элементов, для которых в КОМПАС-МАСТЕР определен код типа элемента, предназначены итераторы, создаваемые методом ksCreateIterator. Для перебора атрибутов (программно создаваемых характеристик элементов), квалитетов и спецификации предназначены итераторы особого типа.

Таблица 1 - Методы интерфейса ksIterator

Имя метода	Назначение
ksCreateIterator	Создание итератора
ksMoveIterator	Перемещение итератора
ksCreateAttrIterator	Создать итератор для перебора атрибутов объекта
ksMoveAttrIterator	Перемещение итератора по атрибутам объекта
ksCreateSpclIterator	Создать итератор для перебора объектов спецификации
ksCreateQualityIterator	Создать итератор для перебора квалитетам (параметрам, указывающим качество обработки поверхностей)
ksMoveQualityIterator	Перемещение итератора квалитетов
ksDeleteIterator	Удаление итератора

В КОМПАС-МАСТЕР интерфейс параметров отрезка ksLineSegParam имеет следующие доступные свойства: x1, y1 - координаты начальной точки, x2, y2 - координаты конечной точки, style - стиль линии. Интерфейс параметров окружности ksCircleParam имеет следующие доступные свойства: xc, yc - координаты центра окружности, rad - радиус окружности, style - стиль линии. Интерфейс параметров дуги ksArcByPointParam имеет следующие доступные свойства: xc, yc - координаты центра дуги, rad - радиус дуги, x1, y1 - координаты начальной точки дуги, x2, y2 - координаты конечной точки дуги, direction - направление отрисовки дуги (1 - против часовой стрелки, -1 - по часовой стрелке), style - стиль линии.

В таблице 2 приведено описание основных операций, реализованных в объекте Kompas и используемых в разработанной программе.

Таблица 2 - Описание некоторых интерфейсов и методов объекта Kompas

Действие	Интерфейс и метод	Описание
Открытие файла	ksDocument2D ksOpenDocument	Данный метод позволяет открыть документ (чертеж, фрагмент, спецификацию, текстовый документ, деталь, сборку). В качестве параметра передается полный путь до файла.
Получение списка	ksIterator ksCreateIterator ksIterator ksMove- Iterator ksIterator ksDeleteIterator	Для получение списка всех графических объектов в файле организована рекурсивная функция, которая проходит по всем видам и получает список объектов в каждом виде. Для этого используются соответствующие методы интерфейса ksIterator.
Получение и редактирование параметров	KompasObject GetParamStruct ksDocument2D ksGetObjParam ksDocument2D ksSetObjParam	Для каждого объекта инициализируется структура с помощью метода GetParamStruct Для получения параметров используется метод ksGetObjParam. Для записи параметров используется метод ksSetObjParam.
Сохранение файла	ksDocument2D ksSaveDocument	Данный метод позволяет сохранить документ (чертеж, фрагмент, спецификацию, текстовый документ,

Ниже приведен фрагмент программы для записи в динамический массив параметров отрезков, окружностей, дуг.

```

refObj := iIter.ksMoveIterator('F');
if iDoc.ksExistObj(refObj) = 1 then
  repeat
    iDoc.ksLightObj(refObj, 1);
    objType := iDoc.ksGetObjParam(refObj, nil, 0);
    SetLength(MyArray, 10, count); // выделяем память под массив
    if (objType = 1) then // если объект линия
      begin
        Par := ksLineSegParam(iKompas.GetParamStruct(ko_LineSegParam));
        if Par <> nil then
          begin

```

```

iDoc.ksGetObjParam(refObj, Par, ALLPARAM);
Lin := TLin.Create;
Lin.x1 := RoundTo(Par.x1, -3);
Lin.y1 := RoundTo(Par.y1, -3);
Lin.x2 := RoundTo(Par.x2, -3);
Lin.y2 := RoundTo(Par.y2, -3);
Lin.tip := objType;
Lin.adr := refObj;
MyArray[1][count - 1] := objType;
MyArray[2][count - 1] := Lin.x1;
MyArray[3][count - 1] := Lin.y1;
MyArray[4][count - 1] := Lin.x2;
MyArray[5][count - 1] := Lin.y2;
i := i + 1;
end;
end;
if (objType = 2) then // если объект Окружность
begin
Par_Cir := ksCircleParam(iKompas.GetParamStruct(ko_CircleParam));
if Par_Cir <> nil then
begin
iDoc.ksGetObjParam(refObj, Par_Cir, ALLPARAM);
Cir := TCir.Create;
Cir.xc := RoundTo(Par_Cir.xc, -3);
Cir.yc := RoundTo(Par_Cir.yc, -3);
Cir.rad := RoundTo(Par_Cir.rad, -3);
Cir.tip := objType;
Cir.adr := refObj;
MyArray[1][count - 1] := objType;
MyArray[6][count - 1] := Cir.xc;
MyArray[7][count - 1] := Cir.yc;
MyArray[8][count - 1] := Cir.rad;
k := k + 1;
end;
end;
if (objType = 3) then // если объект Дуга
begin
// создаем структуру параметров дуги
Par_Arc := ksArcByPointParam
(iKompas.GetParamStruct(ko_ArcByPointParam));
if Par_Arc <> nil then
begin
iDoc.ksGetObjParam(refObj, Par_Arc, POINT_ARC_PARAM);
Arc := TArc.Create;

```

```

Arc.xc := RoundTo(Par_Arc.xc, -3);
Arc.yc := RoundTo(Par_Arc.yc, -3);
Arc.x1 := RoundTo(Par_Arc.x1, -3);
Arc.y1 := RoundTo(Par_Arc.y1, -3);
Arc.x2 := RoundTo(Par_Arc.x2, -3);
Arc.y2 := RoundTo(Par_Arc.y2, -3);
Arc.dir := Par_Arc.dir;
Arc.rad := RoundTo(Par_Arc.rad, -3);
Arc.tip := objType;
Arc.adr := refObj;
MyArray[1][count - 1] := objType;
MyArray[2][count - 1] := Arc.x1;
MyArray[3][count - 1] := Arc.y1;
MyArray[4][count - 1] := Arc.x2;
MyArray[5][count - 1] := Arc.y2;
MyArray[6][count - 1] := Arc.xc;
MyArray[7][count - 1] := Arc.yc;
MyArray[8][count - 1] := Arc.rad;
MyArray[9][count - 1] := Arc.dir;
j := j + 1;
end;
end;
MyArray[0][count - 1] := count;
count := count + 1;
iDoc.ksLightObj(refObj, 0);
refObj := iIter.ksMoveIterator('N');

```

Полученные компетенции в области разработки прикладных библиотек позволили разработать приложение, анализирующее объекты чертежа в САПР КОМПАС. На основании полученной информации в дальнейшем из динамического массива будут выбираться необходимые параметры для формирования G-кода изготовления печатных плат (фрезерование дорожек и контура платы, сверление отверстий).

Список литературы

1. Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства [Электронный ресурс]: сборник материалов; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2020. – 230 с.
2. Норсеев, С.А. Разработка приложений под КОМПАС в Delphi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://norseev.ru/books/kompas-delphi-2013/> (дата обращения: 11.01.2021).

АНАЛИЗ МЕТОДА КАРТ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ

Сердюк А.И., д-р техн. наук, профессор,

Акимов С.С., Жумашева Б.К.,

Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

В настоящее время, с целью усиления своих конкурентных преимуществ, производственные предприятия вынуждены прибегать к использованию системы бережливого производства [1]. Система бережливого производства сочетает в себе разнообразные методы и позволяет выявлять и устранять разнообразные производственные потери (простои, брак, и т.д.), что, в свою очередь, создает значительные конкурентные преимущества перед другими организациями.

Одним из методов бережливого производства является построения карт потока создания ценности. Карта потока создания ценности представляет собой визуализированную модель предприятия, на которой находят свое отображения все материальные и информационные потоки, а также учет времени, затрачиваемого на формирование этих потоков. Данный инструмент был разработан японской компанией Toyota, однако с конца двадцатого века нашел широкое распространение и за пределами Японии [2].

Построение определенного производственного потока выполняется непосредственно для конкретного рабочего цикла, без учета различных внешних факторов, за исключением данных о поставке, в случае, если сырье попадает в производство сразу же, минуя склад. Каждое предприятие заинтересовано в как можно более качественном отображении процесса на карте потока, поскольку от этого напрямую зависит оптимизация данного процесса [5].

Как только весь поток на производстве становится полностью отображенным, можно изменить уровень детализации, увеличив на карте каждый шаг внутри процесса или пытаясь охватить внешний поток создания ценности [4].

Также необходимым условием при составлении потока создания ценности является хронометраж. Необходимо тщательно замерять время каждой процедуры, каждого конкретного процесса, начиная от времени работы конкретной единицы оборудования и заканчивая перемещением заготовок в складские помещения или к потребителю [3].

В данной работе предлагается ряд изменений в процесс построения карты потока создания ценности для достижения большего экономического эффекта в производстве.

Во-первых, все единицы измерения необходимо привести в единую систему. Наиболее оптимальным видится следующее:

- непрерывные процессы оценивать по времени в секундах (время такта, время цикла и т.д.);
- процессы, повторяющиеся периодически необходимо учитывать в коли-

честве секунд, затрачиваемых за рабочую смену (переналадка, ремонт).

Данные изменения позволят унифицировать расчеты времени, в том числе и расчеты временных потерь, что и является главным направлением оптимизационного процесса.

Во-вторых, для учета рабочего времени предлагается добавить учет времени, связанного с загрузкой-выгрузкой оборудования. В этом случае становится возможным внести в расчет затраты времени мастером на обработку одной единицы продукции, которое, как показывает практика, больше учитываемого обычно в картах потока времени такта. При внедрении данной категории, время обработки заготовки складывается из времени такта (оно же совпадает с временем добавления ценности) и времени загрузки-выгрузки оборудования, иначе говоря:

$$t_c = t_v + t_l, \quad (1)$$

где t_c – время цикла, необходимое на выполнение операций на одной единице оборудования;

t_v – время добавления ценности (время такта, непосредственная работа оборудования);

t_l – время, необходимое сотрудником на операции по загрузке и выгрузке заготовки в соответствующую единицу оборудования (время загрузки).

Данная сумма полностью совпадает с временем работы мастера; перемещением же заготовки от станка к станку занимается, как правило, вспомогательный персонал.

Однако необходимо сделать одно примечание: t_l является вероятностной характеристикой, потому для достижения точности необходимо добавить значение погрешности.

Окончательно формула примет вид:

$$t_c = t_v + t_l + \varepsilon_l, \quad (2)$$

где ε_l – погрешность показателя t_l .

При оценке процесса движения изделия, добавляется время его перемещения от одной единицы оборудования к другой, также, с учетом погрешности:

$$t_p = t_c + t_m + \varepsilon_m = t_v + t_l + \varepsilon_l + t_m + \varepsilon_m, \quad (3)$$

где t_p – время, необходимое на выполнение операций на одной единице оборудования и на перемещение заготовки до другой единицы оборудования (время операции);

t_m – время, затрачиваемое на перемещение заготовки от одной единицы оборудования к другой (время потока);

ε_m – погрешность показателя t_m .

Отметим, что время перемещения от станка к станку может включать в себя, также, перемещение на склад и складское хранение. В рамках данного исследования подобный процесс не рассматривался.

Отообразим перечисленные изменения наглядно.

Итак, общепринятый поток создания ценности отображается следующим образом (рисунок 1).

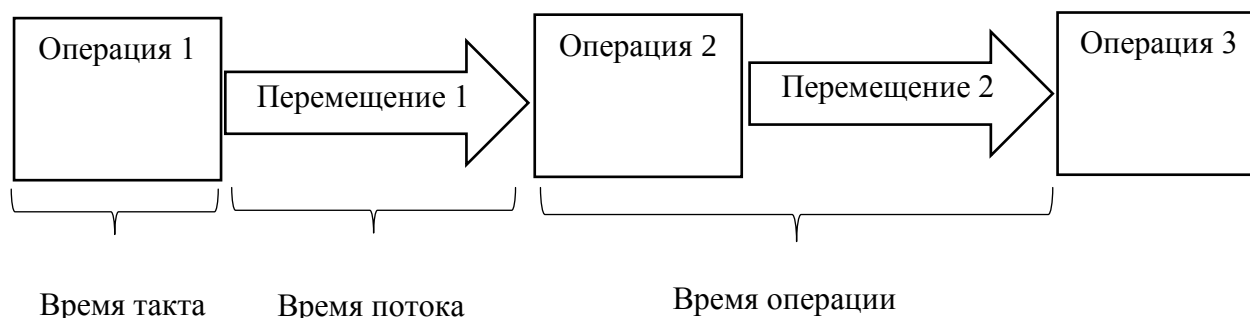


Рисунок 1 – Традиционное представление потока создания ценности

Вводимые изменения отобразим на рисунке 2.

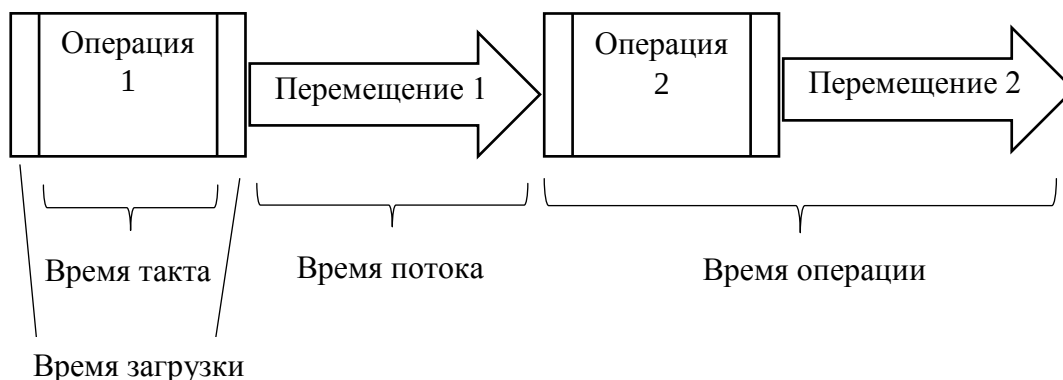


Рисунок 2 – Дополненное представление потока создания ценности

Подобное введение дает возможность разграничить время такта (влияние на которое, в большинстве случаев, оказать невозможно, поскольку все операции выполняются в соответствии с техническими требованиями) и время загрузки-выгрузки, которое, в свою очередь, в большой степени зависит от работников предприятия. Время такта в данном случае является величиной постоянной, а время загрузки и выгрузки может существенно варьироваться. Измерение масштабов данного варьирования находит прямое отображение в размерах потерь времени, что не только обосновывает необходимость выделения данной операции, но и дает потенциальную возможность для оптимизации времени путем влияния на данный процесс.

Однако, наиболее важной величиной, с точки зрения сроков выполнения и, соответственно, потенциала оптимизации, является время потока, которое может составлять как несколько минут, так несколько суток. Для правильного понимания временных потерь необходимо многократно замерять каждый поток, перемещения между каждой из единиц оборудования. Многократное измерение позволит наиболее полно отобразить процесс перемещения и учесть факторы, оказывающие влияние на поток не постоянно, а время от времени.

Таким образом, метод построения карт потока является, в первую очередь, методом визуального анализа производственных процессов, позволяющий выявить простои оборудования как главнейших источников временных потерь. Анализ работ показывает, что отсутствие унифицированной формы (в том числе и стандартизации при расчете времени работы и простоев) является достаточно серьезной проблемой, поскольку затрудняет визуализацию и дальнейшую оптимизацию потоков производства. Отделение времени загрузки оборудования от времени такта позволяет выделить потери времени при работе с оборудованием, при этом время добавления ценности, регламентируемое техническим процессом, из рассмотрения исключается.

Список литературы

1 Акимов, С.С. Построение карты потока создания ценностей в системе бережливого производства предприятия / С.С. Акимов, С.А. Гуньков // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс] : материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург : ОГУ, 2018. – С. 654-657.

2 Акимов, С.С. Производственные процессы в карте потока создания ценностей [Электронный ресурс] / Акимов С. С., Трипкош В. А. // Актуальные проблемы экономической деятельности и образования в современных условиях : материалы Тринадцатой Междунар. науч.-практ. конф., 25 апр. 2018 г., Оренбург / отв. ред. Мишучкова Ю. Г. - Электрон. дан. - Красноярск : Научно-инновационный центр, 2018. – С. 235-239.

3 Гуньков, С. А. Применение карт потока создания ценности для проектирования автоматизированных производственных систем [Электронный ресурс] / С. А. Гуньков, М. Ю. Шрейдер, С. С. Акимов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 23-25 янв. 2020 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2020. - . - С. 521-525.

4 Гуньков, С.А. Поддержка принятия решений в управлении производством на основе построения карты потока создания ценности / С.А. Гуньков, М.Ю. Шрейдер, С.С. Акимов // В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии Сборник материалов IX Всероссийской конференции с международным участием, 2019. – С. 174-177.

5 Гуньков, С. А. Разработка программного продукта для построения карты создания ценности [Электронный ресурс] / С. А. Гуньков, С. С. Акимов // Программные продукты и системы, 2020. - № 2 (33). - С. 204-209.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Сердюк А.И., д-р техн. наук, профессор,
Езерская Е.М., канд. пед. наук, доцент, Гаврюшина Е.В.
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Эффективность функционирования производственной системы оценивается множеством показателей, характеризующих эффективность отдельных механизмов, узлов, накопителей, производственных модулей и системы в целом [1]. К общесистемным показателям эффективности относятся коэффициент загрузки технологического оборудования системы $K_{ГПС}$, производительность $P_{ГПС}$, себестоимость изготовления изделий C_d и срок окупаемости затрат на создание ГПС $L_{ГПС}$.

Коэффициент загрузки $K_{ГПС}$ [1 - 4] характеризует интенсивность работы системы как соотношение между длительностью работы и простоев технологического оборудования. На основании цифровых данных автоматически сгенерированной циклограммы $K_{ГПС}$ может быть представлен как

$$K_{ГПС} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^{n_i} (t_1^{np} + t_2^{np} + t_3^{np})}{T_{ц} \times R} \times 100 (\%), \quad (1)$$

где $T_{ц}$ - время цикла работы ГПС при выполнении сменного задания, мин. (рисунк 2.5); R , шт – число станков в системе; t_1^{np} - простои из-за транспорта; t_2^{np} - простои из-за смены паллет; t_3^{np} - простои из-за отсутствия работы; n_i - количество деталей, изготовленных на i -м станке.

Производительность системы $P_{ГПС}$ [2, 3] характеризует интенсивность выпуска продукции и может быть выражена

а) в виде среднего времени изготовления одного изделия, мин/шт:

$$t_{cp} = \frac{T_{C3}}{N_{C3}}; \quad (2)$$

б) в виде количества изделий в единицу времени, шт/мин:

$$n_{cp} = \frac{N_{C3}}{T_{C3}}, \quad (3)$$

где N_{C3} , шт – число изделий, изготовленных за цикл работы ГПС:

$$N_{C3} = \sum_{i=1}^L N_i, \quad (4)$$

где N_i , шт – число деталей в партии запуска i -го наименования.

Оба вида производительности связаны соотношением

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{n_{\text{ср}}}. \quad (5)$$

Понятию "рост производительности" соответствует увеличение количества выпускаемых изделий $n_{\text{ср}}$ – это и будем понимать в дальнейшем под производительностью ГПС и обозначать как $P_{\text{ГПС}}$.

Очевидно, что $K_{\text{ГПС}}$ и $P_{\text{ГПС}}$ не зависят друг от друга и характеризуют разные стороны производственного процесса.

Экономическим критерием эффективности может служить себестоимость изготовления одной детали $C_{\text{д}}$ [1]:

$$C_{\text{д}} = \frac{C_{\text{с-м}} \times T_{\text{сз}} + C_{\text{ри}} \times N_{\text{ри}}}{N_{\text{сз}}}, \quad (6)$$

где $C_{\text{с-м}}$ - стоимость станко-минуты работы ГПС, руб/мин; $C_{\text{ри}}$ - средняя стоимость одного режущего инструмента, руб.; $N_{\text{ри}}$ - требуемое число режущих инструментов для выполнения сменного задания.

Обобщенным критерием эффективности является срок окупаемости ГПС $L_{\text{ГПС}}$, учитывающий коэффициент загрузки $K_{\text{ГПС}}$ и производительность системы $P_{\text{ГПС}}$ [7]:

$$L_{\text{ГПС}} = \beta_1 \times \frac{1}{K_{\text{ГПС}} \times P_{\text{ГПС}}}, \quad (7)$$

где β_1 – коэффициент, учитывающий совокупность экономических и организационных решений:

$$\beta_1 = \frac{Q}{(C - S) \times (365 - C_{\text{пр}}) \times (F_{\text{см}} - F_{\text{пр}}) \times k_{\text{см}}}, \quad (8)$$

где, в свою очередь, Q , руб. – объем капитальных вложений в создание ГПС; C , S , руб – цена и себестоимость единицы продукции, соответственно; $C_{\text{пр}}$, шт – число календарных суток простоя в год; $F_{\text{см}}$, час – длительность одного цикла (рабочей смены) работы; $F_{\text{пр}}$, час – внутрисменные потери времени; $k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности работы оборудования.

Выражение 2.10 позволяет для принятых значений β_1 рассчитать срок окупаемости ГПС, коэффициент загрузки $K_{\text{ГПС}}$ и производительность $P_{\text{ГПС}}$ которой рассчитаны по результатам моделирования. Однако расчет фактических значений β_1 никак не формализован, что затрудняет использование выражения 2.9 в практических расчетах.

В работе [6] при расчете срока окупаемости предложено учитывать трудоемкость годовой производственной программы $T_{\text{н}}$ и число станков R в системе:

$$L_{ГПС} = \beta_2 \times R \times \frac{T_{C3}}{N_{C3} \times K_{ГПС}}, \text{ где } \beta_2 = \frac{Q}{(C - S) \times T_H}. \quad (9)$$

Трудоемкость годовой производственной программы, по которой ведется расчет числа единиц основного технологического оборудования [39], можно рассчитать как

$$T_H = \sum_{i=1}^L t_i \times N_i, \quad (10)$$

где t_i - трудоемкость изготовления изделия i -го наименования; N_i , шт – годовая программа выпуска изделий i -го наименования; L , шт – номенклатура изделий в годовой программе выпуска.

Коэффициент β_2 описывается более простым выражением, чем β_1 , однако его расчет также основан на использовании значений Q , C и S , которые точно можно рассчитать лишь для действующей производственной системы.

В работе [8] для расчета $L_{ГПС}$ приводится вывод выражения, учитывающего нормативный срок окупаемости L_H , который может устанавливаться, например, заказчиком проектируемой системы:

$$L_{ГПС} = L_H \times \frac{N_{\Sigma} \times R}{T_H} \times \frac{1}{K_{ГПС} \times P_{ГПС}} \quad (11)$$

где $N_{\Sigma} = \sum_{i=1}^L N_i$ - общее количество изделий в годовой программе выпуска.

Дальнейшее развитие формула расчета срока окупаемости получила в кандидатской диссертации Корнипаева М.А. [40], предложившего учитывать в расчете соотношение между плановой F_{cm} и фактической T_{C3} длительностью выполнения сменного задания:

$$L_{ГПС} = L_H \times \frac{F_{cm}}{T_{C3} \times K_{ГПС}}. \quad (12)$$

Нормативный L_H и фактический (рассчитанный по результатам моделирования) L_O срок окупаемости системы отличаются коэффициентом прироста срока окупаемости K_L :

$$K_L = \frac{F_{cm}}{T_{C3} \times K_{ГПС}}. \quad (13)$$

Данное выражение отличается простотой использования в процессе моделирования: величины F_{cm} задаются в исходных данных, а T_{C3} и $K_{ГПС}$ рассчитываются по циклограмме, построенной по результатам моделирования.

Таким образом, в качестве критериев эффективности работы ГПС могут

использоваться коэффициент загрузки $K_{ГПС}$; производительность $P_{ГПС}$; себестоимость изготовления одной детали C_d ; срок окупаемости системы $L_{ГПС}$ и коэффициент прироста срока окупаемости K_L . Полный список общесистемных показателей, которые могут применяться для оценки эффективности ГПС, представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Общесистемные показатели эффективности ГПС

Наименование и обозначение показателя	Математическая модель	Обозначения элементов
1	2	3
Число технологических операций в СЗ $N_{СЗ}$, шт	$N_{СЗ} = \sum_{i=1}^M N_i$	N_i - число технологических операций i -го наименования, M - номенклатура технологических операций в СЗ
Фактическое время выполнения СЗ $T_{СЗ}$, мин	$T_{СЗ} = t_{ок} \times N_{СЗ} \times \sum_{i=1}^{N_{СЗ}} \sum_{j=1}^{n_i} (t_{сж_i} + t_{мж_i} + t_{сж_{i,j}} + t_{мж_{i,j}} + t_{в_{i,j}})$	$t_{ок}$ - цикл смены заготовки в рабочей зоне станка; $t_{сж_i}, t_{сж_{i,j}}$ - составляющие цикла смены режущего инструмента; $t_{мж_i}, t_{мж_{i,j}}$ - соответственно, машинное и вспомогательное время j -го из n_i технологических переходов i -ой операции
Производительность P_0 , шт/час	$P_0 = \frac{N_{СЗ}}{T_{СЗ}}$	$N_{СЗ}$ - число технологических операций в СЗ $T_{СЗ}$ - фактическое время выполнения сменного задания
Расход режущих инструментов $N_{РИ}$, шт	$N_{РИ} = \sum_{k=1}^{I_{\Sigma}} \sum_{j=1}^M \frac{\sum_{i=1}^{n_i} t_{мж_{i,j}}^k}{T^k} \times N_j$	$t_{мж_{i,j}}^k$ - машинное время перехода, выполняемого режущим инструментом k -го наименования; T^k - стойкость инструмента k -го наименования; n_j^k - число переходов, выполняемых k -ым инструментом в операции j -го наименования; N_j - число j -ых технологических операций; I_{Σ} - номенклатура используемых режущих инструментов
Себестоимость выполнения технологической операции, C_0 , руб/шт	$C_0 = \frac{E \times (T_{СЗ} + \beta \times N_{РИ})}{N_{СЗ}}$	E - стоимость станко-минуты работы станка, руб/мин; $T_{СЗ}$ - фактическое время выполнения сменного задания; β - коэффициент стоимости инструмента; $N_{СЗ}$ - число технологических операций в сменном задании, шт
Коэффициент загрузки по машинному времени $k_{мж}$	$k_{мж} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{СЗ}} \sum_{j=1}^{n_i} t_{мж_{i,j}}}{T_{СЗ}}$	$t_{мж_{i,j}}$ - машинное время j -го из n_i технологических переходов i -ой операции
Коэффициент загрузки по оперативному времени $k_{оп}$	$k_{оп} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{СЗ}} \sum_{j=1}^{n_i} (t_{мж_{i,j}} + t_{в_{i,j}})}{T_{СЗ}}$	$t_{мж_{i,j}}, t_{в_{i,j}}$ - соответственно, машинное и вспомогательное время j -го из n_i технологических переходов i -ой операции
Коэффициент прироста срока окупаемости станка, L_0	$L_0 = \frac{T_{СЗ}}{k_{оп} \times \sum_{i=1}^M (t_{шт}^i \times N_i)}$	$t_{шт}^i$ - штучное время технологической операции i -го наименования; N_i - число операций i -го наименования в СЗ; M - номенклатура технологических операций

Инструментарием для расчета показателей эффективности функционирования ГПС служат различные средства компьютерного моделирования [1 - 4], позволяющие имитировать (симулировать) работу систем с последующей обработкой получаемых данных.

Список литературы

- 1.. Сердюк А.И. Формализованное описание работы гибких производственных систем при создании систем компьютерного моделирования/ Сердюк А.И., Сергеев А.И., Корнипаев М.А., Проскурин Д.А.// СТИН. 2016. № 7. С. 12-18.
2. Сердюк А.И. Влияние режимов резания на эффективность ГПС механической обработки/ Сердюк А.И.// СТИН. 1997. № 5. С. 5
3. Сердюк А.И. Метод циклограмм в исследовании гибких производственных ячеек. Модели и алгоритмы/ Сердюк А.И., Рахматуллин Р.Р., Зеленин А.П.; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Оренбургский гос. ун-т". Оренбург, 2009.
4. Сердюк А.И. Метод циклограмм в построении компьютерных моделей ГПС/ Сердюк А.И., Сергеев А.И.// Автоматизация и современные технологии. 2005. № 11. С. 17.
5. Сердюк А И. Проектирование гибких производственных систем с заданным сроком окупаемости/ Сердюк А И., Сергеев А И.// СТИН. 2005. № 11. С. 20.
6. Проектирование автоматизированных участков и цехов: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/ В.П. Вороненко, В.А. Егоров, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева.- 2-е изд., испр.- М.: Высш. шк., 2000.- 272 с.
7. Кузнецов, М. М. Проектирование автоматизированного производственного оборудования [Текст]: М. М. Кузнецов и др. - М.: Машиностроение, 1987. – 288 с. - Библиогр. : с. 280 – 283.
8. Шаумян, Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов [Текст]: Шаумян Г.А. - М.: Машиностроение, 1973

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Серёгин А.А. канд. техн. наук, доцент,

Саранцев Н.С., Винокуров С.А.

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

При разработке маршрутов обработки деталей очень важно иметь информацию о точности обработки заготовок деталей машин. Ниже приводим расчёты точности для наиболее распространённых операций механической обработки. Методика представляет собой сложную комбинацию известных [1], [2], [3] алгоритмов расчёта точности обработки деталей на станках.

1 Расчёт точности обработки на токарно-винторезных станках

Компоновочная формула станка: $C_h O Z X$

где C_h – главное движение (горизонтальная ось вращения шпинделя);

O – начало координат (неподвижные узлы станка);

Z – размер, отсчитываемый вдоль оси центров;

X – размер, на который настроен станок (смещение суппорта от оси центров).

Радиус-вектор r_0 обрабатываемой детали токарного станка в зависимости от радиус-вектора режущей кромки инструмента $r_{\text{и}}$ находят по формуле

$$r_0 = \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & 0 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} r_{\text{и}}$$

Перемножение осуществляем согласно правилу умножения матриц – компоненты строк умножаем на соответствующие компоненты столбцов. В результате получим:

$$r_0 = \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & X \cos \theta_3 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & X \sin \theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} r_{\text{и}}$$

Матрица обобщенной погрешности положения узлов токарного станка

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \beta & \delta x \\ 0 & 0 & -\alpha & \delta y \\ -\beta & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

где α – перекося оси детали относительно оси X ;

β – перекося оси детали относительно оси Y ;

δx ; δy – эксцентриситет детали, направленный вдоль осей X и Y соответственно.

Определяем погрешность $\Delta r_{\text{д}}$ базовой поверхности детали по упрощённой формуле

$$\Delta r_{\text{д}} = \varepsilon r_0 + \delta r$$

Здесь

$$\delta r = \begin{bmatrix} \Delta R \cos \theta_3 \\ \Delta R \sin \theta_3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

где ΔR – половина погрешности диаметра детали.

Перемножая и суммируя компоненты матриц, получим окончательную формулу для расчёта погрешности детали, изготовленной на токарном станке

$$\Delta r_d = \begin{bmatrix} \delta x + \beta Z + \Delta R \cos \theta_3 \\ \delta y + \alpha Z + \Delta R \sin \theta_3 \\ -\beta R \cos \theta_3 + \alpha R \sin \theta_3 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Это уравнение баланса точности токарно-винторезного станка

2 Расчёт точности обработки на фрезерных станках

Компоновочная формула станка: $X Y Z O C_v$

Согласно компоновочной формуле, назначим:

X_3 – величина продольной подачи заготовки;

Y_3 – величина поперечной подачи заготовки;

Z_3 – величина вертикальной подачи заготовки;

O – начало координат (неподвижные узлы станка);

C_v – главное движение (вертикальная ось вращения шпинделя).

Определим значение радиус-вектора r_0 детали, в зависимости от радиус-вектора инструмента $r_{\text{и}}$

$$\begin{aligned} r_0 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & Y_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & Z_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & 0 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} r_{\text{и}} = \\ &= \begin{bmatrix} \cos \theta_3 & \sin \theta_3 & 0 & X_3 \\ -\sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & Y_3 \\ 0 & 0 & 1 & Z_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} r_{\text{и}} \end{aligned}$$

Радиус-вектор инструмента $r_{\text{и}}$ определён зависимостью

$$r_{\text{и}} = \begin{bmatrix} X_{\text{и}} \\ Y_{\text{и}} \\ Z_{\text{и}} \\ 1 \end{bmatrix},$$

где $X_{\text{и}}$; $Y_{\text{и}}$; $Z_{\text{и}}$ – координаты режущей кромки одного лезвия фрезы (имеющего максимальное отклонение от номинального положения), заданные соответственно по каждой из трёх координат.

Матрица обобщенной погрешности положения узлов фрезерного станка

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} 0 & -\gamma & \beta & \delta x \\ \gamma & 0 & -\alpha & \delta y \\ -\beta & \alpha & 0 & \delta z \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

В этой матрице: α ; β ; γ – малые повороты базовых поверхностей узлов фрезерного станка, вызванные погрешностями изготовления и сборки;

δx ; δy ; δz – малые смещения основных конструкторских баз узлов фрезерного станка по трём координатам.

Определяем погрешность Δr_d базовой поверхности детали по универсальной формуле, используемой для всех станков

$$\Delta r_d = \varepsilon r_0 + \delta r.$$

Здесь, для фрезерного станка

$$\delta r = \begin{bmatrix} \Delta D \cos \theta_3 \\ \Delta D \sin \theta_3 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

где ΔD – векторная сумма погрешности диаметра и смещения положения центра фрезы.

Перемножая и суммируя компоненты матриц, получим окончательную формулу для расчёта погрешности детали, изготовленной на фрезерном станке

$$\Delta r_d = \begin{bmatrix} -\gamma (X_H \sin \theta_3 + Y_H \cos \theta_3 + Y_3) + \beta (Z_H + Z_3) + \delta x + \Delta D \cos \theta_3 \\ \gamma (X_H \sin \theta_3 + Y_H \cos \theta_3 + X_3) + \alpha (Z_H + Z_3) + \delta y + \Delta D \sin \theta_3 \\ -\beta (X_H \sin \theta_3 + Y_H \cos \theta_3 + Y_3) + \alpha (Z_H + Z_3) + \delta z \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Это окончательное уравнение баланса точности фрезерного станка при трёхкоординатной обработке детали.

Вывод. Получены зависимости для априорной оценки точности токарных и фрезерных операций. Предполагаемое применение результатов теоретического исследования – проектирование технологических процессов.

Разработанная методика используется в учебном процессе.

Список литературы

1. Серёгин, А.А. Определение точности механических систем станков/А.А. Серёгин // Станки и инструмент. – 1991. - № 1. – С. 29 – 31.
2. Серёгин, А.А. Математическая модель точности станка с учётом колебаний его рабочих органов/А.А. Серёгин// СТИН - 2007. - № 4. - С. 2 – 6.
3. Серёгин, А. А. Обеспечение точности и стабильности технологических процессов на основе корректной стратегии восстановления оборудования/А.А. Серёгин // Интеллект, инновации, инвестиции. 2016. № 1. С. 117 – 124.

ПЕРЕВОД ПРЕДПРИЯТИЙ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ CALS – ТЕХНОЛОГИЙ

**Солдатов Д.М., Езерская Е.М., канд. пед. наук, Носков Д.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В настоящее время, в мире большое место занимают рыночные отношения. Будь то человек, компания или целая страна, не важно, каждый из них, при выборе продукции будет искать оптимальное соотношение «цена – качество». Таким образом, перед каждым предприятием появляется огромная и важная задача, производить качественно, быстро и дешево. Каким же образом поступать предприятию, существующему в таких условиях? Очевидно, что экономия на подготовке, материалах и работе будет сильно сказываться на качестве, а уже тем более на их личной репутации. К счастью, в современном мире есть все условия, предполагающие снижение цены производства, не ухудшая его качества. Решением этой проблемы служит внедрение Continuous Acquisition and Lifecycle Support (CALS) технологий, которые представляют собой совокупность принципов и технологий информационной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) продукции на всех ее стадиях существования.

Каждое изделие имеет свой определенный жизненный цикл, протекающий от самой задумки изделия, до его утилизации. Суть внедрения CALS – технологий состоит в том, чтобы минимизировать расходы на каждом из уровней ЖЦ изделия и повысить его качество. Совокупность этих факторов в свою очередь, позволит предприятию носить статус конкурентоспособного. Предприятие, использующее CALS – технологии, пользуется очень сильным инструментом автоматизации. В первую очередь предприятие обладает огромным количеством документации и большим штатом сотрудников, каждый из которых рано или поздно сталкивается с проблемой поиска документов, на фоне которой проделывает повторную работу. Технологии автоматизации позволяют структурировать всю существующую на предприятии информацию, и в зависимости от режимов функционирования, предоставлять данную информацию компетентным сотрудникам, независимо от их местонахождения.

Таким образом, благодаря программно-техническим средствам и технологиям CALS, появляется возможность минимизировать время и затраты на документооборот предприятия. Обмен электронными документами и данными представляет ряд преимуществ:

- сложный проект зачастую реализуется многими рабочими группами, каждая из которых работает последовательно и вынуждена ждать своей очереди в этом процессе. Автоматизированный документооборот позволяет вести работу параллельно, что значительно снижает время реализации проекта;

– реализация проекта может курироваться несколькими предприятиями одновременно, CALS – технологии позволяют установить кооперационные связи с минимальным необходимым и достаточным расходом ресурсов;

– благодаря автоматизации документооборота весь жизненный цикл изделия будет зафиксирован и структурирован, что позволит проводить более точный и качественный анализ производства, сводя нежелательные ошибки к минимуму;

– автоматизированные системы окажут большое влияние и после производства изделия, отлаженная логистика и информационная поддержка на послепродажной стадии ЖЦ.

CALS – технологии имеют сложную структуру и для своего функционирования производство должно обладать широким списком программного обеспечения. Основные элементы, образующие CALS – технологии, можно разделить на две группы:

1 Ряд программ, существующих отдельно друг от друга, но в совокупности образующих CALS – систему, сюда относятся:

– Computer Aided Design (CAD) – системный комплекс для автоматизированного проектирования;

– Computer Aided Manufacturing (CAM) – автоматизированная система, предназначенная для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ;

– Computer Aided Engineering (CAE) – автоматизированная система, предназначенная для решения инженерных задач;

– Enterprise Data Management (EDM) – средства управления проектными и инженерными данными.

2 Ряд программ, существование которых напрямую зависит от CALS – технологий и конкретных требований:

– Product Data Management (PDM) – система контроля и управления данными об изделии;

– Work Flow (WF) – средства систематизации определенных задач, а также структурирования технической документации;

– Прочие программы, с конкретным профилем решения задач, связанных с этапами ЖЦ изделия.

Более подробная система, образующая CALS - технологии приведена на рисунке 1.

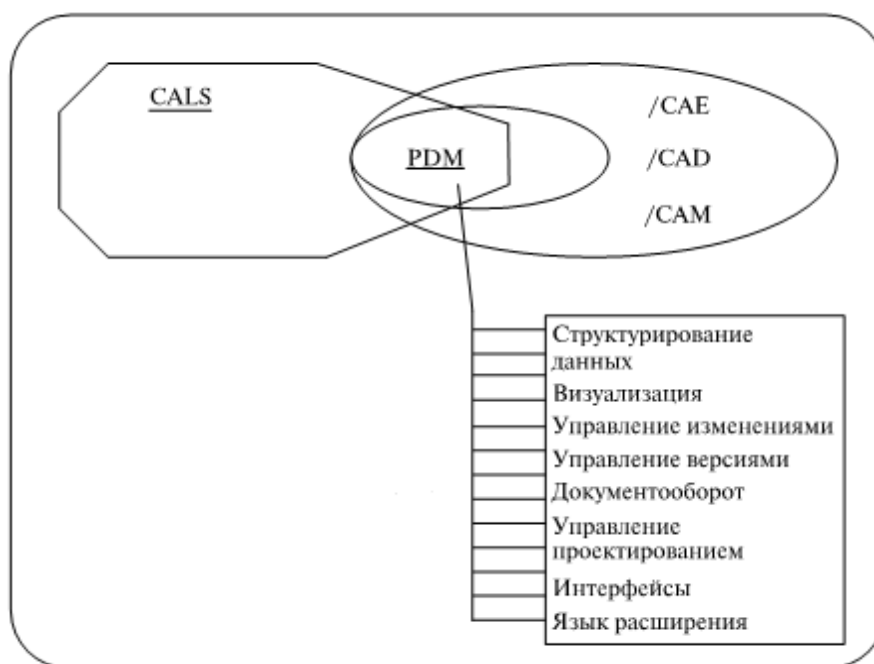


Рисунок 1 – Состав программ и технологий, образующих CALS – систему

Анализируя развитие современной промышленности, возникает очевидный вывод, что в ближайшем будущем ни одно предприятие не сможет функционировать без использования CALS – технологий, поскольку с течением времени в ускоренном темпе растут требования к продукции, поступающей на мировой рынок, и для того что бы предприятие оставалось конкурентоспособным, ему необходимо переходить на автоматизированное функционирование.

Список литературы

1 Андрейчиков, А. В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике [Текст] : Основы стратегического инновационного менеджмента и маркетинга : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Прикладные математика и физика» или по направлениям и специальностям в области естественных наук, техники и технологии, системного анализа и управления / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. - Москва : ЛИБРОКОМ, 2012. – 242, [1] с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-397-03484-5.

2 Масляков, Н. С. Обоснование и разработка метода повышения технической готовности при эксплуатации погрузочно-доставочных машин: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.05.06 / Масляков Никита Сергеевич; [Место защиты: Национальный исследовательский технологический университет МИСиС]. – Москва, 2016.

3 Попов, С. А. Концепция актуального стратегического менеджмента для современных российских компаний : монография / С. А. Попов. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 223 с.

4 Скворцов, А. В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции / А.В. Скворцов, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Чмырь. – Москва: Машиностроение, 2013. – 320 с.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВИАЦИОННО – ХИМИЧЕСКИХ РАБОТ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ВЕКТОРОМ ОПРЫСКИВАНИЯ

Солдатов Д.С. , Магдин А. Г., канд. техн. наук, Носков Д.А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На протяжении многих лет и по сей день, сельское хозяйство претерпевает критические ситуации, обусловленные разорением урожая полчищами саранчи, а также практически не налаженной логистикой транспорта в весеннее время, который категорически необходим для своевременной обработки полей. За последние годы вследствие динамики климата, угроза насекомых становится все более актуальной. Стая саранчи покрывающая 1 кв.м. потребляет в день столько же, сколько потребляли бы 35 тысяч человек. Ранее данная проблема была широко затронута, затем все пошло на спад, однако сейчас, за последние года, наблюдается огромный рост популяции саранчи, которая приводит города и страны к экономическому бедствию. По официальным данным, стая саранчи уничтожает в день до 2 миллионов тонн растительности [1, 2].

Таким образом, возникает серьезный вопрос в качественной обработке урожая. Ввиду климатических условий, особенно в весеннее время, когда начинается распутица, не всегда удастся добраться наземному транспорту до необходимого места, поэтому существует необходимость в задействовании авиационной техники. Однако авиахимобработка так же не дает желаемых результатов, поскольку они имеют постоянный вектор опрыскивания, что так же приводит к ряду проблем, например к сносу химикатов на соседние посевы. В таких условиях отлично справится разработка, рассмотренная в данной работе, ввиду своей компактности и технологичности.

В качестве идеи для решения данной проблемы можно рассмотреть вариант обработки полей с помощью «малой» авиации – квадрокоптеров (рисунок 1), оснащенных устройством авиационно-химической обработки с изменяемым вектором опрыскивания, о котором далее пойдет речь [3].



Рисунок 1 — Беспилотный летательный аппарат.

Задействование данного метода позволит в разы сократить экономическую часть данного вопроса, внедрить современные технологии в массы, а так же увеличить качество обработки, вследствие чего так же вырастет благосостояние населения.

Разрабатываемый программируемый комплекс для химической обработки растений [4, 5], который включает в себя дистанционно пилотируемый летательный аппарат – опрыскиватель вертикального полета и посадки. Управление которого совершается с наземного пункта управления с помощью аппаратно-программного обеспечения по радиоканалу в течение всего времени работы аппарата, с помощью расположенного на борту пилотируемого комплекса, с закреплённым на нём фото-видео оборудованием, бака для рабочей жидкости, компрессором для подачи рабочей жидкости под давлением, предлагается усовершенствовать, модернизировав путём установки двух балок, на которых установлены по два шарнира, разделяющие их на три рычага и позволяющие поворачивать рычаги под углом, штанги симметрично расположены относительно центра тяжести беспилотного летательного аппарата, на них закрепить гибкие шланги для подачи рабочей жидкости и форсунки для ультромалого объёмного опрыскивания, позволяющие проводить обработку сельскохозяйственных культур в разных направлениях (вертикально сверху вниз, вертикально снизу вверх под заданным углом или в горизонтальном направлении от беспилотного летательного аппарата, а также к корневой системе растений), так же позволяющие регулировать и контролировать расход объёма химических веществ, а также их внесение в зоны высокого качества опрыскивания.

Данный квадрокоптер следует можно отнести к сельскохозяйственной технике, так же, его можно использовать для автоматизированной химической обработки и подкормки растений с помощью летательного аппарата.

Существующий наиболее приближенный к разрабатываемому БПЛА комплекс – «Робототехнический комплекс для автоматического распыления химических веществ, для химической обработки растений, с помощью использования летательного аппарата или комплекса летательных аппаратов.

Недостатками этого устройства является присутствие нецелевого расхода химических веществ (опрыскивание осуществляется в вертикальном направлении сверху вниз), вследствие отсутствия возможности направленного опрыскивания целевой поверхности сельскохозяйственных культур.

Устранить указанный недостаток позволяет разрабатываемое устройство повышающее эффективность обработки и позволяющее повысить урожайность при снижении расходов на химическую обработку.

Разрабатываемый БПЛА обеспечит повышение урожайности, за счёт обработки зон высокого качества распыления, защищая посевы их от насекомых и болезней, производя подкормку, а также происходит уменьшение расхода рабочей жидкости, что влечёт за собой уменьшение стоимости химической обработки, учитывая возможности БПЛА обработку можно производить в период весенней распутицы, на сельскохозяйственных участках

различной конфигурации при этом не нанося вреда растениям в виде механического смятия.

Работа предлагаемого БПЛА поясняется рисунком 2.

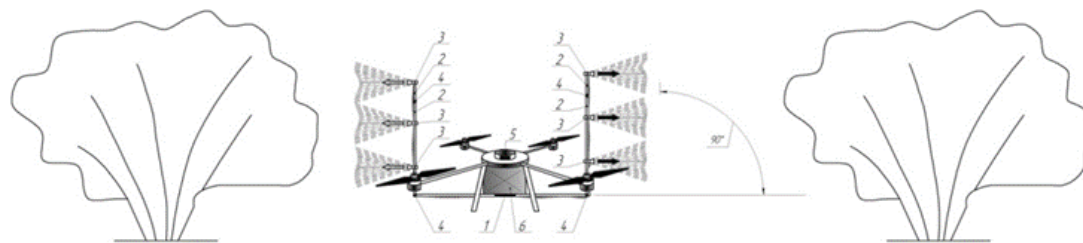


Рисунок 2 — Проведение работ беспилотным летательным аппаратом.

На рисунке 2 представлен БПЛА, вид спереди со штангой 1 и рычагом 2 поднятым вверх под углом до 90° , 3 форсунки, 4 поворотный механизм (шарнир), 5 видеокамера, 6 ёмкость для химических веществ, при этом происходит опрыскивание в горизонтальном направлении от беспилотного летательного аппарата.

Беспилотный летательный аппарат запускают над обрабатываемым сельскохозяйственным участком, заранее установив положение штанг зависящем от ширины захвата обрабатываемой полосы, а так же с установленным углом рычагов зависящем от направления опрыскивания поверхности растений, вертикальное сверху – вниз, горизонтальное в направлении от беспилотного летательного аппарата, вертикальное направление снизу вверх под углом необходимым для данного вида обработки. После этого беспилотный летательный аппарат начинает производственный полёт над обрабатываемыми культурами внося химические вещества непосредственно на поверхности, требующие опрыскивание, в зону высокого качества опрыскивания с минимальными потерями химического вещества от сноса воздушными массами и нецелевого его использования.

Таким образом, разрабатываемый БПЛА позволяет повысить точность нанесения жидких химических веществ на требуемую поверхность сельскохозяйственных культур без их повреждения, что в конечном итоге приводит к значительному повышению урожая, при этом уменьшается нецелевой расход химических веществ и уменьшение себестоимости обработки.

Список литературы

1. Авиационно-химические работы: реф. сб. науч. тр. ГосНИИ ГА. – Вып. 6. – М.: ГосНИИ ГА, 1974. – 210 с.
2. Атре, Ш. Структурный подход к организации баз данных / Ш. Атре. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 144 с.

3. Березин, Е.А. Паретооптимальные решения поликритериальных задач / Е.А. Березин // Программные продукты и системы. - 1995. – № 2. – С. 33–34.

4. Магдин, А.Г. Разработка информационно-поисковой системы средствами dBASE: метод. указания / А.Г. Магдин, Н.В. Вагапова. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007. - 28 с.

5. Магдин, А.Г. Информационно-поисковая система обработки запросов о локальных метеорологических состояниях сельскохозяйственных полигонов: Сб. матер. VII всероссийск. научн.-практ. конф. с междунар. участием «Современные информационные технологии в науке, образовании и практике» / А. Г. Магдин, К. Ю. Дибихин. – Оренбург: ОГУ, 2008. – С. 347–349.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Тавтилов И.Ш., канд. техн. наук, Трубников И.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Машиностроению нелегко удовлетворить потребность в запасных частях, в том числе из-за того, что их цена остается довольно высокой. Проблема может быть решена организацией предприятий по ремонту хорошо налаженного технологического процесса восстановления изношенных деталей машин, в особенности, коленчатых валов. В настоящее время коленчатые валы восстанавливают в основном перешлифовкой под ремонтный размер, и лишь незначительное количество этих деталей восстанавливают способами наплавки до номинальных размеров. Значительно увеличить количество процессов восстановления коленчатых валов наплавкой можно совершенствуя существующие методы восстановления, а также внедряя новые прогрессивные технологические методы восстановления. [1, 2].

Основными причинами выхода из строя коленчатых валов являются: изнашивание трущихся поверхностей; деформации и поломки целостности детали; нарушение посадки или соосности вала; обгорание рабочих поверхностей из-за нарушения теплового режима и режима эксплуатации; возникновение смолистых отложений при применении некачественного топлива и смазочных материалов; конструктивные или производственные дефекты, внешние воздействующие факторы; своевременность и качество проведения технологического обслуживания и сопутствующего ремонта; рациональная эксплуатация подвижного транспорта; климатические особенности хранения и эксплуатации транспорта [3].

Одной из самых дорогих деталей автомобиля является коленчатый вал (особенно коленчатые валы дизельных двигателей), в значительной степени определяющий ресурс и долговечность конструкции в целом. Ввиду того, что удельное давление шейки коленвалов достигает 30 МПа, долговечность и надежность функционирования таких поверхностей оставляет желать лучшего. При этом сопротивление усталости коленвалов дизелей снижается на 30 % [2].

Основными дефектами коленчатых валов являются:

- продольный изгиб коленвала (59 %);
- износ или повреждение коренных и (или) шатунных шеек (29 %);
- срабатывание посадки, смятие штифтов, разрушение резьбовых соединений крепления маховика (12 %) [4, 5].

Ввиду того, что коленчатый вал представляет собой сложную и дорогостоящую деталь экономически нецелесообразно ее утилизировать. Долговеч-

ность работы коленчатого вала напрямую зависит от состояния его коренных и шатунных подшипников. Выбраковка коленчатых валов происходит по причине износа и поломка шеек в области галтелей. Валы не подлежат восстановлению в виду значительного снижения усталостной прочности, если трещины возникли на галтелях, а также на расстоянии от них до 6 мм.

Причинами задира шеек могут быть: недостаточное количество смазочного материала при работе коренных и шатунных подшипников коленвала (масляное голодание), а также превышение погрешности формы шеек более 0,05 мм. Кроме того, важное значение имеет несущая способность шеек, зависящая от материала и режима работы пары трибосопряжения [4, 5].

Для восстановления работоспособности изношенных поверхностей нужно, чтобы их размеры, геометрическая форма и свойства, прежде всего твердость, соответствовала предъявляемым к ним требованиям. Однако на практике восстанавливают лишь размеры и геометрическую форму деталей путем придания им больших или меньших ремонтных размеров. Хотя посадка трибосопряжений при этом восстанавливается, взаимозаменяемость сохраняется лишь частично, в пределах только данного стандартного размера, а при свободных ремонтных размерах вовсе нарушается [6, 7].

Поиск прогрессивных способов восстановления коленвалов не прекращается и по сей день – вторичное их использование после восстановления и повышения износостойкости – огромный резерв в экономической сфере.

При этом разработка оптимального технологического процесса наплавки с использованием плазмы нередко представляет собой многофакторную задачу, в которой тяжело учесть влияние различных технологических режимов наплавки, а также применяемых наплавочных материалов, технологий и оборудования.

Была поставлена задача провести исследования свойства восстановленных плазменной наплавкой коленчатых валов. На заводе ОАО «Оренбургсельхозремонт» коленчатые валы наплавляют плазменной наплавкой порошком ПР-Х11Г4СР (С – 0,8 %; Cr – 11 %; Mn – 4 %; Si – 3 %; В – 2,8 %; остальное – Fe) на установке ПМ-300А (рисунок 1).

Для экспериментов был взят коленчатый вал от ЗИЛ-130 бракованный вследствие повышенного коробления и скрытых дефектов, которые были обнаружены после плазменной обработке.

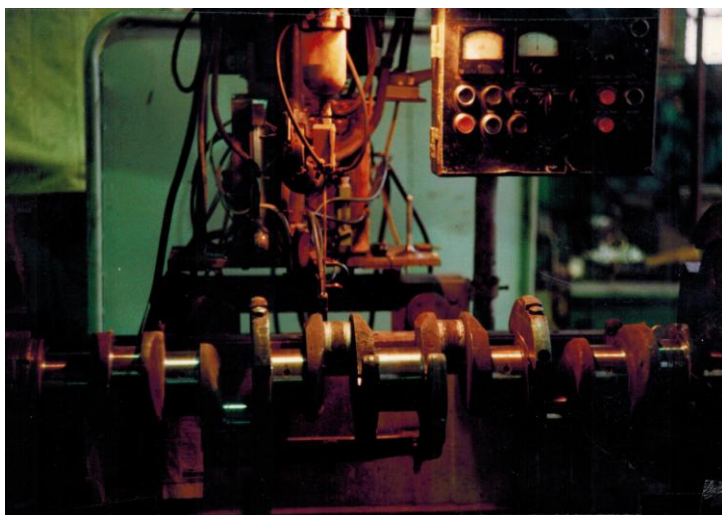


Рисунок1 – Установка плазменная ПМ-300А

Толщина наплавленного слоя для коренных шеек составляет 1-2 мм. Время наплавки одной шейки приблизительно 10 мин. На обработку всего коленчатого вала составляет около 1,5 часов.

Для исследования из коленчатого вала вырезали образцы (шатунных шеек) размерами 18x18x10 в количестве 50 штук (рисунок 2). Состав образца: основа из высокопрочного чугуна ВЧ-60, наплавленный слой ПР-Х11Г4СР.

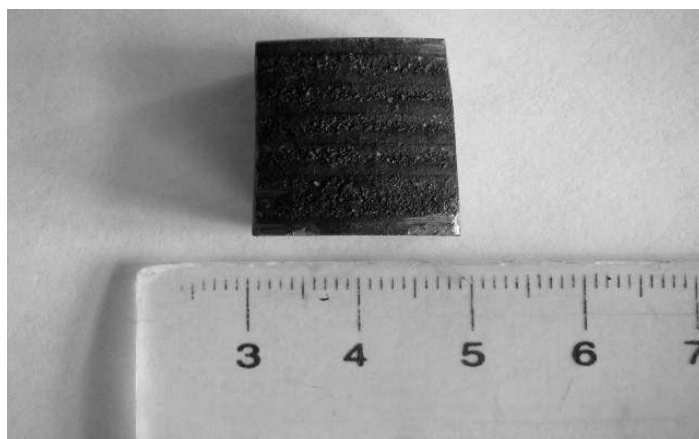


Рисунок 2 – Наплавленный образец

При наплавке плазмой применяют два вида сжатой дуги: прямого и косвенного действия. В обоих случаях зажигание дуги плазмотрона (рисунок 3) и непосредственно сам процесс наплавки производится комбинированным способом, то есть в начале с помощью осциллятора между анодом и катодом возбуждают сжатую малоамперную (40-60 А) дугу косвенного действия; а дуга прямого действия образуется при ее соприкосновении с токоведущей деталью; после зажигания дуги в зону подается порошок ПР-Х11Г4СР.



Рисунок 3 – Плазмотрон прямого и косвенного действия

Термическую обработку провели согласно матрице планирования. Суть термической обработки состояла в закалке образцов с последующим отпуском. Закалка осуществлялась на кафедре МТМ в лаборатории на ТВЧ ВЧГ2-100/0,066; температуру мерили специальным прибором при температуре 1050 °С (верхний уровень) охлаждали в воде и масле, 850 °С (нижний уровень) охлаждали в воде и масле. Затем провели отпуск закаленных образцов при температурах 300 °С, 500 °С, 700 °С – время один час, измеряли твердость, провели макро- и микроанализы и испытание на износ.

Макроанализ позволяет выявить наличие дефектов на поверхности наплавленного слоя, а также получить общее представление о структурной и химической однородности металла. В последствии был проведен микроанализ, заключающийся в исследовании строения металлов и сплавов с помощью металлографического микроскопа. Приготовление микрошлифа для анализа состоит из ряда последовательных операций: шлифования, полирования и травления.

После травления создается картина структуры, позволяющая по характерным признакам составить представление о ее типе, особенностях и свойствах наплавленного слоя, основного материала и переходной зоны. Для травления сплавов применяли раствор на основе едкого натра (NaOH) и красной кровяной соли ($C_6FeK_3N_6$); время травления – 1 мин.

Твердость измеряли по методу Роквелла на приборе ТК-2. Пользовались шкалой С, а затем шкалой А, чтобы убедиться, что наплавленный слой не был проколот.

Испытания на износ проводили на машине трения по периферии шлифовального круга марки ПП100х10х35 25А40ПС16К835 при частоте вращения 255 мин^{-1} , диаметре круга 325 мм, усилии прижатия образца 10Н. Время испытания составляло 5 мин. Диаметр круга за время испытаний не изменился.

Изучение микроструктуры наплавленных образцов проводили на металлографическом микроскопе МИМ-10 (рисунки 4-8).

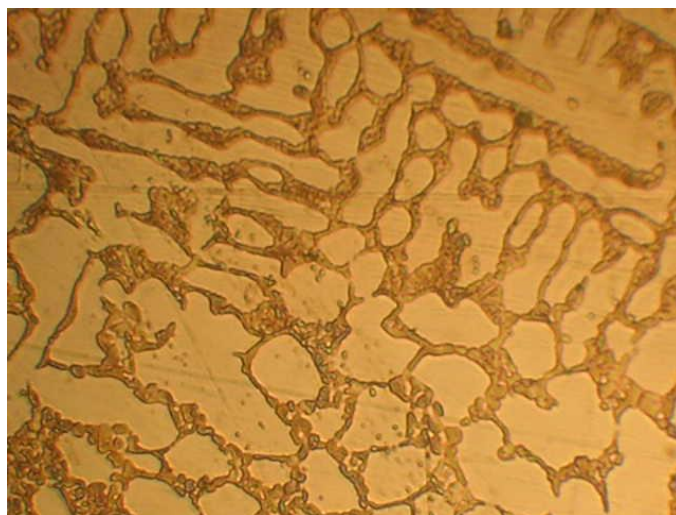


Рисунок 4 – Микроструктура образца после наплавки (твердость 50 HRC),
х630.



Рисунок 5 – Микроструктура образца после закалки ($T_{\text{зак}}=850\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воде),
(твердость 53 HRC), х630.

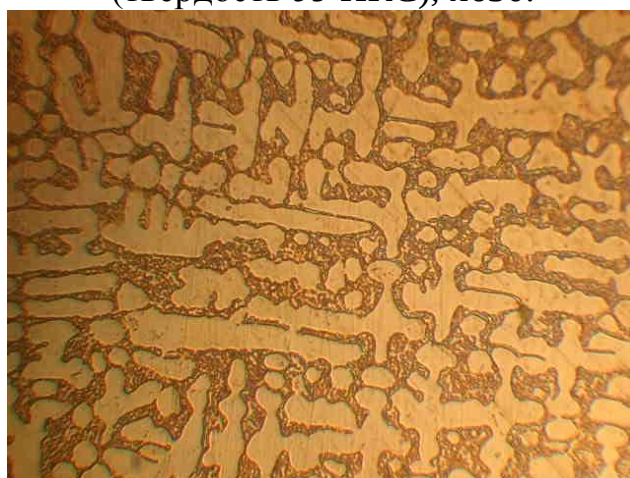


Рисунок 6 – Микроструктура образца после закалки ($T_{\text{зак}}=1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ в
масло), (твердость 51 HRC), х630.

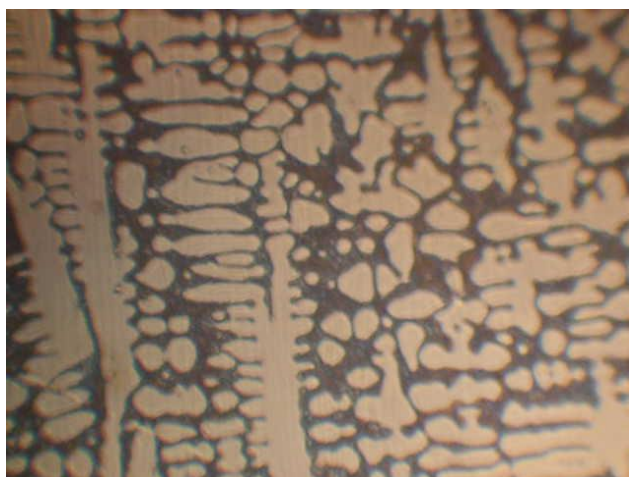


Рисунок 7 – Микроструктура образца после закалки ($T_{\text{зак}}=1050\text{ }^{\circ}\text{C}$ в воде), (твердость 53 HRC), $\times 630$.

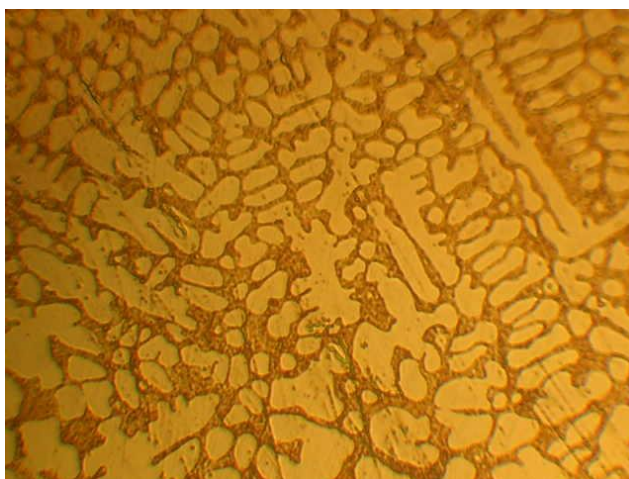


Рисунок 8 – Микроструктура образца после закалки ($T_{\text{зак}}=850\text{ }^{\circ}\text{C}$ в масле), (твердость 50 HRC), $\times 630$.

Анализ микроструктур показывает, что они соответствуют данным видам материалов. Исходный образец представляет собой мартенсит, ледебурит с включениями карбидов хрома (Cr) и бора (B).

Анализ экспериментальных данных показывает, что проведение термической обработки приводит к изменению структуры и свойств наплавленных сплавов в сторону улучшения свойств.

Статистическая обработка результатов экспериментов и анализ полученных уравнений регрессии показал, что на изменение твердости и износа в большей степени влияет среда охлаждения, а также температура нагрева под закалку и температура отпуска.

Список литературы

- 1 Иванов В.П. Ивашко В.С. и др. Восстановление и упрочнение деталей: справочник [Текст] / В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов, В.П. Лялякин, Ф.И. Пантелеенко // Наука и технологии, Москва. - 2013 г. -368 с.
- 2 Новиков, А. Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей: учебное пособие / А. Н. Новиков, М. П. Стратулат, А. Л. Севостьянов.- Орловский государственный технический университет. - Орел, 2006. - 336 с.
- 3 Батищев, А.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники / А. Н.Батищев, И. Г.Голубев, В. П.Лялякин. - М.: Информагротех, 1995. - 296 с.
- 4 Цурков Е.А., Василькова Е.П., Фридман А.Е. Рекомендации по восстановлению коленчатых валов тракторных двигателей промышленными методами / Е.А. Цурков, Е.П. Василькова, А.Е. Фридман // ГОСНИТИ, Москва, 1988. - 32 с.
- 5 Азаматов Р.А., Дажин В.Г., Кулаков А.Т., Модин А.И. Восстановление деталей автомобилей КамАЗ / Под ред. В.Г. Дажина. -Набережные Челны: КамАЗ, 1994. - 215с.
- 6 Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей / В.А. Шадричев // "Машиностроение", Ленинград. 1976 г. - 560 с.
- 7 Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей / Е. Л. Воловик. - М.: Колос, 1981. - 351 с.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА

Трипкош В.А. канд. техн. наук, доцент, Страхов М.А.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Среди всего комплекса плазменных технологий особого внимания заслуживает разделительная резка металлов. Это обусловлено потребностями оборонных, топливно-энергетических, машиностроительных, металлургических, транспортных и других отраслей промышленности, где необходим массовый раскрой металлопроката. Помимо увеличения объемов производства существенным фактором последних лет является успешное развитие кибернетики и автоматики, повысившее производительность процессов, точность изготовления детали, а также упростившее труд резчика [1].

Термическая резка является основной операцией при получении металлических заготовок заданных размеров. Современное производство предъявляет высокие требования к качеству вырезаемых и разрезаемых заготовок. Поэтому важно не только иметь хорошо обученных операторов станков, но и обладать современными системами управления, которые будут полностью удовлетворять потребности предприятия, для которого и служат.

Воздушно-плазменная резка, безусловно, эффективна в обработке листового металла. Процесс резки происходит за счет расплавления металла дугой и выдуванием расплава потоком газа [2]. Струя плазмы имеет температуру от 5 до 30 тысяч градусов Цельсия, а ее скорость может достигать 1500 м/с. В связи с этим возникает ряд проблем, которые могут не только навредить оборудованию станка и его окружению, но и нанести вред обслуживающему персоналу, который работает непосредственно вблизи него.

Самая важная проблема, требующая внимания, это неполный контроль состояния аппарата воздушно-плазменной резки. Подобного рода проблемы в разных сферах производства, и прежде всего инновационного [3], успешно решаются методами автоматизации. В связи с этим можно выделить следующие основные задачи, требующие своего решения:

- совершенствование аппаратных средств автоматизации, за счет оснащения станка дополнительными датчиками контроля, позволяющими в реальном времени отслеживать необходимые параметры процесса воздушно-плазменной резки металла;

- совершенствование программных средств автоматизации, за счет доработки программного обеспечения верхнего (операторского) и среднего (контроллерного) уровней системы управления станка.

Решение этих задач позволит повысить качество реализации функций локального управления агрегатами станка и обеспечить персонал точной и достоверной информацией о безопасном пользовании аппарата воздушно-

плазменной резки металла. Соответственно, использование станка станет не только безопасным, но и более эффективным при производстве продукции предприятия.

Поэтому целью статьи является повышение эффективности и безопасности использования аппарата воздушно-плазменной резки металла за счет разработки предложений по совершенствованию его системы управления.

Основным аппаратным средством автоматизации станка для воздушно-плазменной резки металла является контроллер ТНС (Torch Height Controller). Важно заметить, что контроль высоты факела резака ТНС – актуальная проблема в современных станках плазменной и газовой резки, поскольку оптимальный рез материалов происходит только при правильно установленной и контролируемой высоте резака.

Практически все известные на сегодняшний день плазменные установки имеют возможность подключения датчика для снятия текущего напряжения дуги. При этом в некоторых модификациях пользователю предоставляется «безопасное» напряжение, пропущенное через делитель с известным коэффициентом. Такой метод подключения к плазменной установке является предпочтительным, так как выходное напряжение безопасно для человека и предъявляет меньшие требования к изоляции, что позволяет организовать более удобное подключение датчика ТНС. При отсутствии встроенного в установку делителя напряжения, подключить датчик ТНС можно непосредственно к специальным контактам внутри плазменной установки.

Для корректной работы аппарата воздушно-плазменной резки требуется выставлять разные параметры для разного рода металлов, то есть требуется задавать различные режимы работы аппарата. Так, например, на рисунке 1 приведены зависимости скорости резки от толщины разрезаемого металла [2].

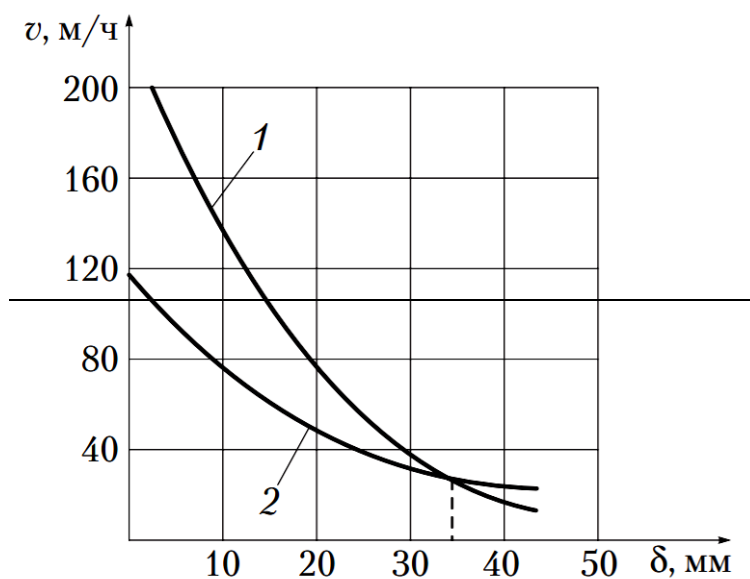


Рисунок 1 – Зависимость скорости резки от толщины металла: 1 – плазменная резка; 2 – кислородная резка

Для малых толщин (до 10 мм) плазменная резка в 3 – 5 раза более производительна, чем кислородная. При толщине металла $\delta = 35...40$ мм скорость резки низкоуглеродистой стали обоими способами примерно одинакова. Для больших толщин более производительна кислородная резка [2].

Рекомендуемые параметры, обеспечивающие оптимальные результаты резки, обычно приведены в документации станка вместе с режимами резки для конкретной системы. Однако, иногда условия резки могут отклоняться от стандартных и на практике требуется корректировка параметров вручную. Так, оператор станка, видя, что параметры не соответствуют установленным нормам и в процессе воздушно-плазменной резки металла присутствуют изъяны, должен сам настроить станок для корректной работы. Поэтому необходимо заранее определять тип листового металла у поставщика и по мере необходимости, изменять параметры аппарата воздушно-плазменной резки.

Исключить или хотя бы минимизировать негативные последствия человеческого фактора при ручной настройке аппарата плазменной резки можно путем совершенствования программного обеспечения его системы управления. Анализ программного обеспечения аппарата воздушно-плазменной резки металла позволил рассмотреть возможность использования для его совершенствования следующих инструментальных средств:

- КОМПАС-3D v.19 – российская система трехмерного проектирования, выполняет задачу проектирования вырезаемых деталей;
- Mach3 – программное обеспечение для управления станком с числовым программным обеспечением;
- TRACE MODE – программный комплекс класса SCADA, выполняет задачу мониторинга параметров при помощи датчиков во время работы.

К изъянам при работе станка, которые можно устранить или минимизировать с помощью более совершенного программного обеспечения, следует отнести:

- положительный или отрицательный угол резки;
- плоскостность резки, скругление сверху и снизу или подрез верхнего края;
- состояние поверхности, такое как шероховатость, вызванная резкой и шероховатость, вызванная состоянием машины;
- окалина высокоскоростная, низкоскоростная, верхняя, неравномерная и другие.

Решить эту проблему можно с помощью программной реализации нескольких правил, таких как:

- изменение расхода и давление газа с небольшим шагом;
- повышение или понижение напряжения дуги с шагом 1 В по мере необходимости;
- корректировка скорости резки с шагом 5 % или менее до тех пор, пока не удастся добиться улучшения.

Подобная корректировка в настоящее время применяется обученным оператором на первых запусках станка или в том случае, если установлен дру-

гой вид листового металла, с которым работает аппарат воздушно-плазменной резки.

Проблема безопасности использования станка для обслуживающего персонала обусловлена тем, что станок работает с плазмой и буквально выжигает металл, при этом образуется большое количество копоти и вредного газа, способных нанести вред здоровью.

Для разрешения этой проблемы в рамках решения задач по совершенствованию аппаратных и программных средств автоматизации предлагается минимизировать вредное воздействие от аппарата с помощью системы вентиляции.

В качестве системы вентиляции предлагается использовать рекуперационные фильтровентиляционные установки (ФВУ) или вытяжные установки очистки воздуха, которые предназначены для эффективного и непрерывного удаления загрязнений из воздуха с последующим возвратом очищенного воздуха обратно в цех. Такие ФВУ уже сейчас широко применяются на производстве сварочных работ, при шлифовке и других операциях, сопровождающихся загрязнением воздуха газами, дымом и мелкодисперсной пылью. ФВУ состоит из корпуса, вентилятора, блока фильтрующих элементов и электроники управления. Принцип действия установки основан на прохождении загрязненного воздуха через фильтрующий элемент. В установке предусмотрен автоматический режим очистки фильтрующих элементов при помощи сжатого воздуха, что значительно увеличивает срок службы фильтров.

Следовательно, использование ФВУ исключает необходимость обустройства сложных и дорогих систем вентиляции, что особенно актуально для небольших и эффективных производств.

Таким образом, следует отметить, что успешная реализация предложенных решений по совершенствованию системы управления аппаратом воздушно-плазменной резки позволит обеспечить эффективное выполнение своих функций станком, удовлетворяя потребности производства без вреда для здоровья, как оператора станка, так и обслуживающего персонала.

Список литературы

1 Анахов, С.В. Принципы и методы проектирования плазмотронов: монография / С.В. Анахов. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. – 165 с. – ISBN 978-5-8050-0662-4.

2 Куликов, В.П. Технология сварки плавлением и термической резки : учебник / В.П. Куликов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2016. – 463 с.

3 Тыщенко, Е.А. Предложения по автоматизации средств управления процессом получения покрытий промышленной продукции на основе нанотехнологий / Е.А. Тыщенко, В.А. Трипкош // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф., 16-17 нояб. 2017 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ [и др.]. – Оренбург: ОГУ, 2017. – С. 335-338.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ

Трубников В.Д.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

До сих пор обработка резаньем является самым популярным способом придания детали форму в машиностроении, больше. При данном способе обработки используется разнообразный инструмент: фрезы, резцы, сверла и др. И т.к инструмент обеспечивающий хорошее качество обработки дорогостоящий, для получения наилучших экономических показателей - требуется максимальное использование заложенного в него ресурса, без ущерба качеству обработки детали. Обычно контроль за инструментом возлагается на рабочего или наладчика станка ЧПУ, полагаясь лишь на их опыт, но на современном производстве, когда расходы на инструмент составляют существенную часть себестоимости изготавливаемого товара, полагаться лишь на их опыт экономически неоправданно. Решением проблемы контроля за износом режущего инструмента может стать адаптивное управление процессом обработки детали.

В большинстве случаев для решения данной проблемы применяют дорогостоящие и довольно точные системы, которые основаны на измерении таких показателей как сила, температурные показатели процесса резания и т.д. Но не все предприятия могут позволить себе внедрение таких систем для контроля процесса резания, поэтому набирает популярность технология контроля не требующая таких крупных финансовых вложений – это диагностика методом измерения акустической эмиссии.

Неотъемлемой частью процесса обработки детали резаньем является акустическое излучение, а также возмущение магнитного и электрического поля в инфракрасном диапазоне (инфракрасное излучение). Благодаря измерению сигналов появляется возможность выявить тесную статическую взаимосвязь между этими сигналами и технологическими условиями обработки [1]. Современные средства автоматизации, позволяют создать автоматизированный комплекс регистрации и анализа акустических и инфракрасных сигналов за относительно небольшие деньги. Поэтому исследование данного способа является актуальной научной и практической задачей.

На качество изготавливаемой детали влияет множество факторов. Большинство из них относятся к обрабатываемой детали (различная твердость материала заготовки, неравномерный припуск и т.д.). Данные факторы влияют на процесс резания из-за чего оператору приходится производить корректировку в программу обработки детали уменьшая подачу, количество оборотов или внося другие коррективы в технологический процесс, это не только усложняет работу оператора [2], снижает эффективность производства и повышает вероятность

брака изготавливаемой детали, но и приводит к износу или повреждению режущего инструмента.

Из-за этого использование адаптивных систем управления, исключающих данные недостатки, становится все более популярным. Для адаптивного управления процессом резания необходимо получить информацию о происходящих процессах, после контакта инструмента с обрабатываемой деталью возникают акустические и инфракрасные сигналы. Обладая данной информацией, можно оценить состояние режущего инструмента в текущий момент времени, это дает возможность повысить производительность и эффективность производства [3].

Предлагаемая система применяется при чистовой обработке резанием. Она состоит из двух подсистем, принцип ее работы показан на рисунке 1. Первая подсистема, измеряя поток инфракрасного излучения анализирует зону схода стружки. После чего сравнивая сигналы с задающего устройства и преобразователя, меняет режим резания если присутствует рассогласование или аварийно останавливает станок если сигналы отличаются (4 - тепловизор, 3 – шланг, 6 – фотоприемники, 7 – усилитель, 5 – модулятор, 8 – преобразователь, 9 – задающее устройство, 10 – сравнительное устройство, 11 – управляющее устройство) [4].

Устройство второй подсистемы так же представлено на рисунке 1. На первый вход устройства сравнения 15 подается акустическая эмиссия из пьезоэлектрического акселерометра 13, а на второй непрерывно подается минимальная величина скорости износа режущего инструмента (данное значение получается на основании предыдущих исследований индивидуально для каждого сочетания «инструмент-деталь») с помощью задающего устройства 14. При наличии рассогласования устройства сравнения 15 посылает сигнал на блок управления режимами резания 11, который посылает управляющее воздействие на исполняющее устройство 12 для устранения рассогласования.

Алгоритм изменения режимов резания можно представить с помощью формул:

$$\Delta V = M_1 \Delta U + M_2 \Delta A \quad (1)$$

$$\Delta S = M_3 \Delta U + M_4 \Delta A \quad (2)$$

где M_1, M_2, M_3, M_4 – коэффициенты, которые определяются предварительно на основе экспериментов.

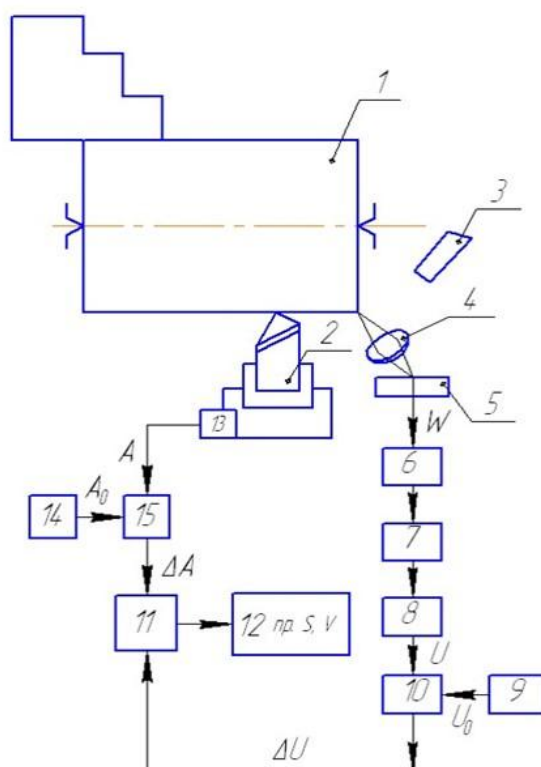


Рисунок 1 – Блок-схема адаптивной системы управления процессом резания.

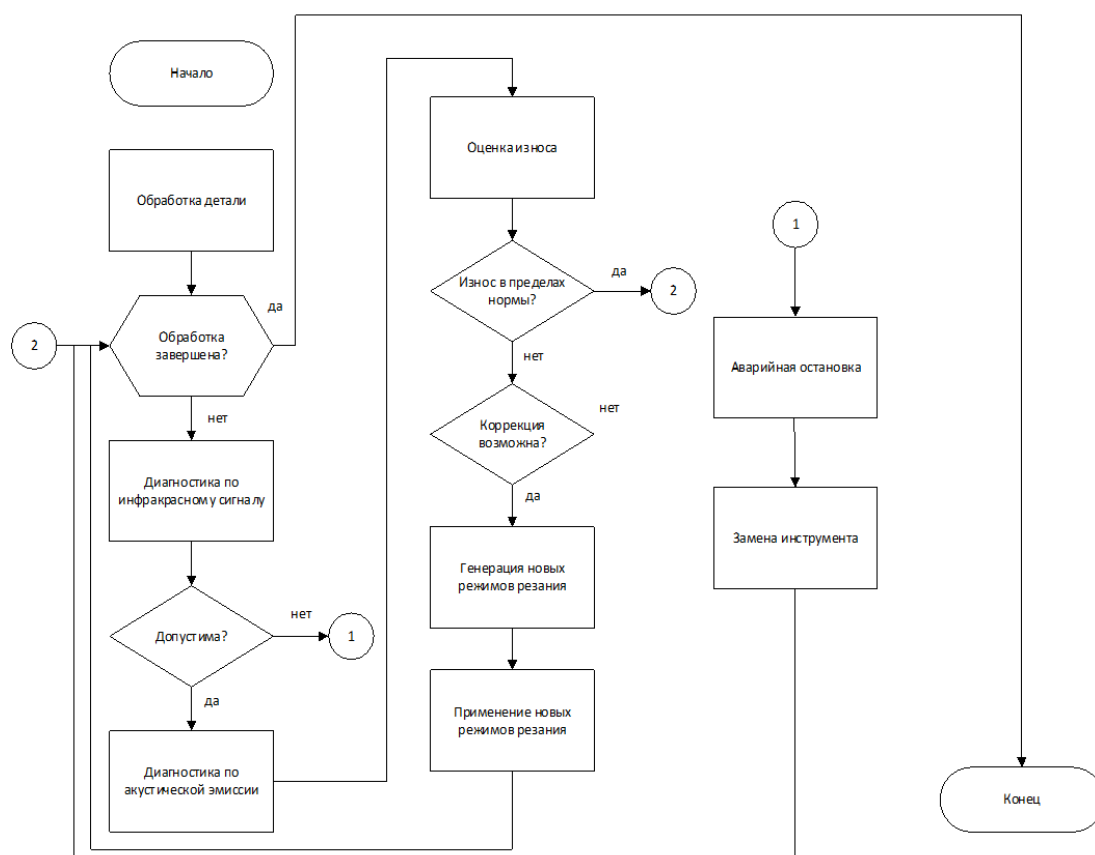


Рисунок 2 – Алгоритм адаптивной системы управления процессом резания.

Предложенная адаптивная контролирует режущую кромку инструмента в реальном времени, это достигается с помощью измерения акустических сигналов и возмущения магнитного и электрического поля в инфракрасном диапазоне. Благодаря этой системе появляется возможность точнее контролировать износ инструмента, которым производится обработка детали. А также прогнозировать поведение режущего инструмента и проводить анализ появившихся на режущей кромке дефектов.

Список литературы

1. Балакшин, Б. С. Адаптивное управление станками / Б. С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1973. – 688 с.
2. Лоладзе, Т. Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
3. Шевченко В.В. Адаптивная система управления процессом обработки деталей приборов в условиях автоматизированного производства / В. В. Шевченко, А. А. Андреев // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 6. Ч. 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/06/54540>
4. Подураев В. Н. Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии / В. Н. Подураев, А. А. Барзов, В. А. Горелов. – М.: Машиностроение, 1988. – 56 с.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАДИОРЕЛЕЙНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ТРОПОСФЕРЕ

Фаткулина Л.И., Дудоров В.Б., доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

В тропосфере содержатся кислород и пары воды. Молекулы кислорода обладают магнитным моментом, а молекулы паров воды – электрическим. В результате взаимодействия электромагнитного поля с молекулами этих газов происходит частичное превращение электромагнитной энергии в тепловую, что приводит к ослаблению напряженности поля радиоволн, распространяющихся в тропосфере.

Известно, что соотношение, связывающее напряженность поля с путем, пройденным волной имеет следующий вид [1]

$$E(M) = E_0(M) \times e^{-\alpha r}, \quad (1)$$

где $E_0(M)$ – амплитуда напряженности поля в тчке наблюдения (M) без учета ослабления;

α – коэффициент поглощения;

r – путь, пройденный волной, обычно измеряется в километрах.

В распространении радиоволн формула (1) записывается в виде

$$E(M) = E_0(M) \cdot 10^{-\frac{\gamma r}{20}}, \quad (2)$$

где γ – коэффициент поглощения в кислороде и прах воды в дБ/км .

Величина γ определяется соотношением

$$\gamma = \gamma_K + \gamma_{ПВ},$$

где γ_K и $\gamma_{ПВ}$ - коэффициенты поглощения кислорода и паров воды соответственно.

Величины γ_K и $\gamma_{ПВ}$ зависят от температуры, давления и влажности могут быть получены из справочников (таблица 1)

Таблица 1 – Коэффициенты поглощения кислорода и паров воды

$\lambda \text{ см}$	0.3	0.4	0.5	0.8	1.0	1.5
$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} \text{ дБ/км}$	0.2	0.1	0.04	0.04	0.1	0.15
$\gamma_{\text{O}_2} \text{ дБ/км}$	4	0.05	11	0.02	0.01	0.009
$\lambda \text{ см}$	2.0	2.5	3.0	5.0	8.0	10.0
$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} \text{ дБ/км}$	0.2	0.008	0.004	0.0009	0.0003	0.0002
$\gamma_{\text{O}_2} \text{ дБ/км}$	0.008	0.00015	0.0001	–	–	–

Произведем расчет напряженности поля излучения на границе зоны видимости радторелейной станции без учета и с учетом ослабления в газах атмосферы при следующих исходных данных:

$r = 1.5 \cdot 10^5$ м – протяженность радиотрассы;

$\lambda = 0.03$ м – длина волны передатчика;

$\tau = 5$ мкс – длительность радиосигнала;

$G_m \approx D_m = 10^4$ – коэффициент усиления (коэффициент направленного действия) антенны в направлении максимума излучения;

$P = 1$ МВт – мощность передатчика;

$P_{\text{ПМИН}} = 10^{-13}$ Вт – чувствительность приемника;

$2\theta_r = 1.5$ – ширина ДН в горизонтальной плоскости;

$2\theta_B = 1.5$ – ширина ДН в вертикальной плоскости.

Определение напряженности поля излучения на границе зоны видимости без учета ослабления [2]

$$E_{m0} = \frac{245 \times \sqrt{P(KBm) \times D_m}}{r(\text{км})} = \frac{245 \times \sqrt{10^3 \times 10^4}}{145.9} \approx 5.3 \times 10^3 \text{ мВ/м}.$$

Используя данные таблицы 1, определим коэффициенты поглощения кислорода γ_K и паров воды γ_B , при длине волны $\lambda = 3$ см

$$\gamma_K = 0.0001 \text{ дБ/км}, \gamma_B = 0.004 \text{ дБ/км}.$$

Подставляя эти значения в выражение (2), определяется напряженность поля излучения на границе радиотрассы с учетом ослабления

$$E_m \approx 4.96 \times 10^3 \text{ мВ/м}.$$

Расчет ослабления напряженности поля (в процентах)

$$\Delta E_m = \frac{E_{m0} - E_m}{E_{m0}} \cdot 100 \approx 6.7 \text{ \%}.$$

Наличие в тропосфере гидрометеоров (дождь, туман и т.д.) обуславливает возникновение двух явлений при распространении радиоволн: рассеяние радиоволн и превращение электромагнитной энергии в тепловую.

В результате напряженность поля в точке наблюдения уменьшается.

Рассеяние радиоволн.

Плотность потока мощности рассеянная гидрометеорами определяется выражением [3]

$$Y_P = \frac{P \cdot D \cdot \sigma_{ГМ}}{4\pi^2 r^2}, \quad (3)$$

где $\sigma_{ГМ}$ – эффективная площадь рассеяния гидрометеоров.

При этом $\sigma_{ГМ}$ рассчитывается по формуле

$$\sigma_{ГМ} = 0.14 A r^2 \tau 2\theta_r 2\theta_B, \quad (4)$$

где A – среднее значение эффективной площади рассеяния кубического метра дождя;

r – расстояние от передатчика до центра рассеяния гидрометеора, км;

Величина A может быть определена по графикам из справочников (рисунок 1). На графиках A измеряется в м^{-1} , p – в мм/час , λ – в см .

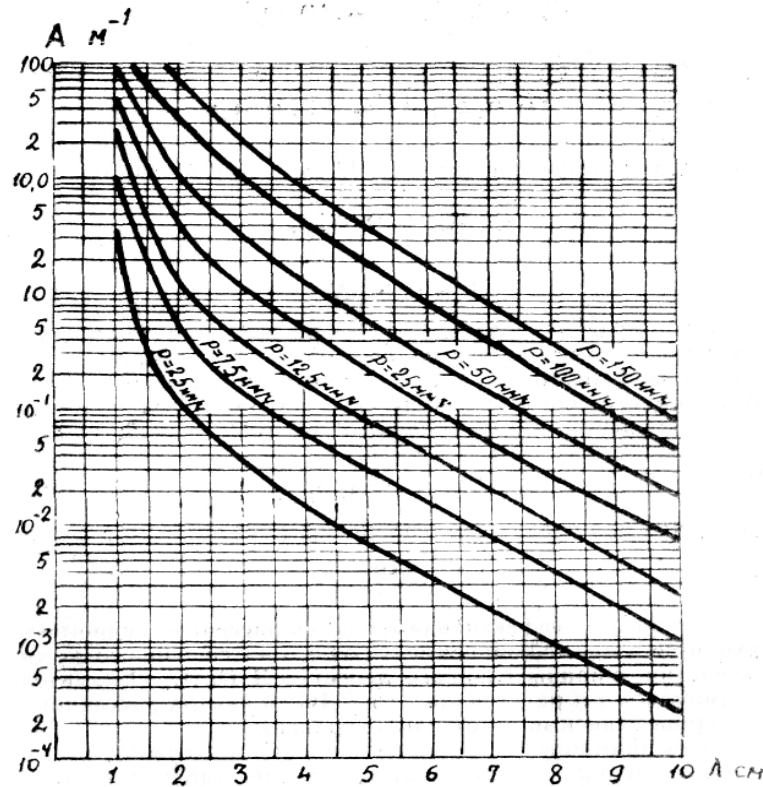


Рисунок 1 – Зависимость среднего значения эффективной площади рассеяния гидрометеора от длины волны

Произведем расчет плотности потока мощности рассеяния гидрометеорами, состоящими из дождя и тумана ($p = 50 \text{ мм/ч}$), расположенными на удалении 30 км от передатчика.

Предварительно, используя графики на рисунке 1, определяется среднее значение площади рассеяния кубического метра гидрометеоров.

При заданной длине волны и $p = 50 \text{ мм/ч}$ имеем 3 м^{-1} .

Расчет эффективной площади рассеяния гидрометеоров

$$\sigma_{\text{ГМ}} = 0.14 A r^2 \tau 2\theta_{\Gamma} 2\theta_{\text{В}} = 0.14 \times 3 \times (30)^2 \times 5 \times 1.5 \times 1.5 \approx 4.25 \times 10^3.$$

Подставляя имеющиеся значения в выражение (3), получаем

$$Y_P = \frac{PD}{4\pi^2 r^4} \times \sigma_{\text{ГМ}} = \frac{10^6 \times 10^4}{4 \times 3.14^2 \times (30 \times 10^3)^4} \times 4.25 \times 10^3 \approx 3.32 \times 10^4 \text{ Вт}.$$

Ослабление радиоволн в гидрометеорах.

Ослабление радиоволн в гидрометеорах учитывается по формуле

$$E_m = E_{m0} \times 10^{-\frac{\gamma_{ГМ} r_{ГМ}}{20}}.$$

(5)

где $\gamma_{ГМ}$ – коэффициент ослабления в гидрометеоре, измеряемый в .

В таблицах 2 и 3 представлены значения коэффициентов ослабления для дождя и для тумана соответственно.

Таблица 2 – Зависимость поглощения радиоволн дождем от длины волны

λ см	0.5	1	2	3	4	5	8	10
Моросящий дождь (0.25 мм/ч)								
γ дБ/км	0.1	0.03	0.005	–	–	–	–	–
Легкий дождь (1.0 мм/ч)								
γ дБ/км	0.5	0.2	0.05	0.01	0.005	–	–	–
Умеренный дождь (4 мм/ч)								
γ дБ/км	1.5	0.8	0.2	0.05	0.01	0.005	0.001	–
Сильный дождь (5 мм/ч)								
γ дБ/км	7	3	1	0.8	0.3	0.15	0.01	0.005

Таблица 3 – Зависимость поглощения радиоволн туманом от длины волны

λ см	0.5	1	2	3	4	5	8	10
Слабый туман (0.03 г/м³)								
γ дБ/км	0.04	0.015	0.002	–	–	–	–	–
Средний туман (0.3 г/м³)								
γ дБ/км	0.5	0.15	0.04	0.02	0.015	0.005		
Средний туман (0.32 г/м³)								
γ дБ/км	3	1	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005

Используя данные таблиц 2 и 3 определим коэффициенты ослабления для умеренного дождя и среднего тумана

$$\gamma_{ГМ} = \gamma_{Д} + \gamma_{Т} = 0.07 \text{ дБ/м}.$$

Подставляя соответствующие значения в выражение (5), имеем

$$E_m = E_{m0} \times 10^{-\frac{\gamma_{ГМ} r}{20}} = 5.31 \times 10^3 \times 10^{-\frac{0.07 \times 30}{20}} \approx 4.2 \times 10^3 \text{ мВ/м}.$$

Список литературы

1. Красюк, Н.П. Электродинамика и распространение радиоволн. Учеб. пособие для радиотехн. Вузов и факультетов / Н.П. Красюк. – М. : «Высшая школа», 1974. – 536 с.

2. Долуханов, М.П. Распространение радиоволн. Учебник / М.П. Долуханов. – М. : Изд-во «Ленанд», 2021. – 336 с.

3. 2. Грудинская, Г.П. Распространение радиоволн. Учебник / М.П. Долуханов. – М. : «Высшая школа», 1975. – 280 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА МНОГОФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСТУПА К РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РЕСУРСАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

**Фаткуллин В.И., Коннов А.Л., канд.техн.наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В наше время невозможно представить офис какой-либо компании без использования компьютерных технологий. Благодаря им обрабатывается вся информация, формируются документы, ведется бухгалтерия и производится большое количество иных важных дел. Между тем, большое количество данных, хранящихся на персональном компьютере, является конфиденциальным и представляет собой коммерческую тайну, которая нуждается в защите.

Для обеспечения защищенности информации необходимо ограничить доступ к ней. Иначе говоря, мы должны знать, кто имеет доступ к информации, и быть уверенным, что это именно тот человек, за которого он себя выдает.

Средства аутентификации пользователей используются для разграничения прав доступа и, соответственно, для защиты от несанкционированного доступа. Однако сегодня инструменты аутентификации, использующие один аутентификатор для авторизации пользователей в системе, неэффективны. К примеру, внедрение однофакторной парольной аутентификации в информационных системах компаний и организаций стало неактуальным. Продолжая использовать данный способ доступа к информационным ресурсам, фирмы рискуют понести убытки по причине несанкционированного доступа к защищенной информации и поставить под угрозу само существование фирмы.

У классических способов аутентификации есть общий недостаток - способность перехватывать учетные данные пользователя злоумышленником для выполнения разнообразных действий от имени зарегистрированного пользователя в информационной системе. Для увеличения степени защиты от несанкционированного доступа к важной информации как правило рекомендовано использование двухфакторной или многофакторной аутентификации.

Многофакторная аутентификация уже используется многими российскими компаниями в различных сферах деятельности, к примеру, при создании сервисов для интернет-банкинга, мобильного банкинга, обмена файлами и прочих решений для конечных пользователей. Она базируется на совместном применении нескольких факторов аутентификации, что существенно повышает безопасность использования информации, как минимум, пользователями, подключающимися к информационной системе через защищенное и незащищенное соединение.

Вследствие этого тема работы является актуальной, так как применение многофакторной аутентификации позволяет повысить защищенность информационных ресурсов и тем самым снизить потенциальный ущерб.

Модернизация информационно-вычислительной системы на основе разработанного метода многофакторной аутентификации позволит устранить потенциальные бреши в информационной сети, которые без должного внимания могут быть использованы злоумышленниками (внутренними или внешними), что может привести к атакам на систему и потере конфиденциальной информации.

Объектом исследования называют то явление (процесс), которое создает изучаемую автором проблемную ситуацию и существует независимо от исследователя.

В данной работе объектом исследования является информационная система организации занимающейся техподдержкой заправочных станций.

На рисунке 1 изображена структурная схема информационной системы организации.

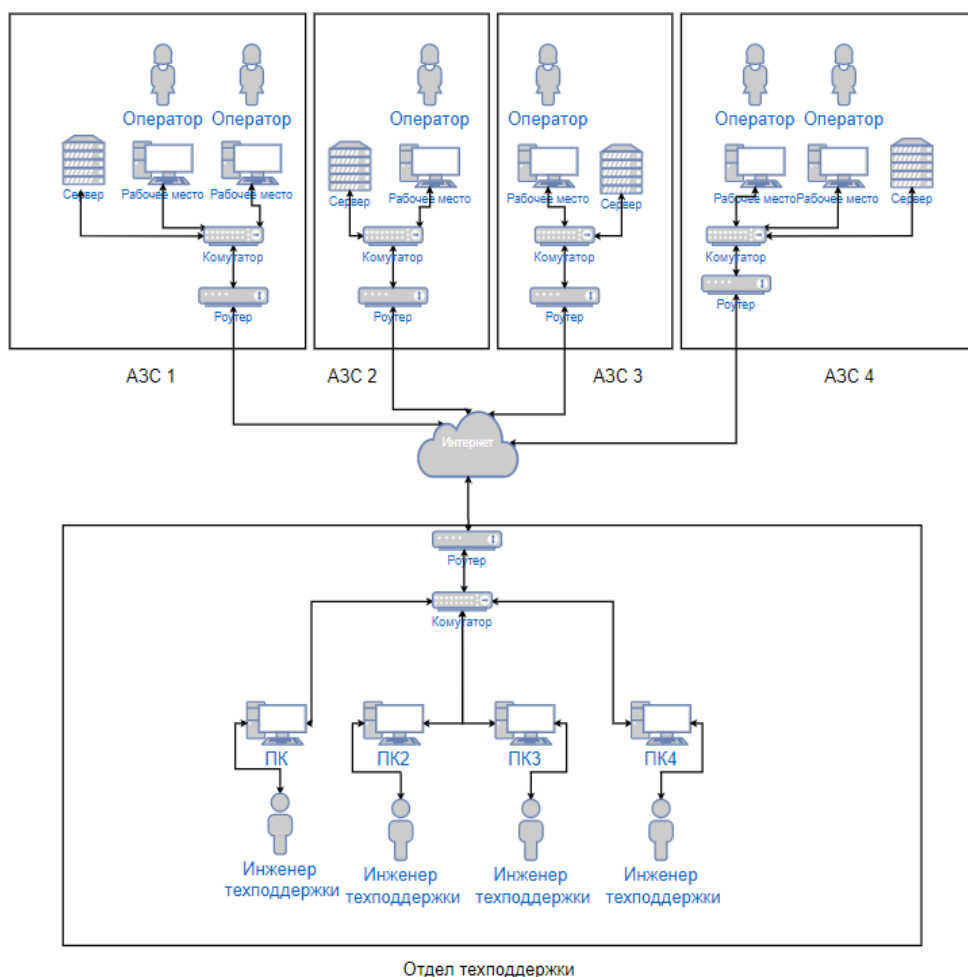


Рисунок 1 – Структурная схема информационной системы организации.

Из рисунка видно, что отдел техподдержки состоит из инженеров техподдержки, персональных компьютеров, которые подключены к сети через коммутатор и роутер. Структура АЗС строится из операторов, рабочих мест (на всех АЗС разное количество) и сервера, к которому подключена вся коммуникация топливо раздаточных колонок.

Подробно рассмотрев объект исследований, можно выявить предмет исследований. Предметом исследования в данной работе выступают методы многофакторной аутентификации.

Задачу защиты доступа, в общем случае можно свести к задаче определения личности, результатом решения которой является определение соответствия идентифицируемого образа Q^x к одному из двух категорий, а именно, категории A , представители которой имеют доступ к информационной системе, или категории B , представляющей класс лиц, не имеющих права доступа к системе. В зависимости от результата распознавания принимается решение о допуске субъекта к информационной системе или о принятии надлежащих мер по отношению к лицу, отнесенному к категории B . В обоих случаях решение связано с соответствующими ошибками распознавания, оцениваемыми вероятностью α при допуске к ИС образа из класса B , и вероятностью β – при отказе в допуске субъекту из класса A . В соответствии с результатами решения эффект E от идентификации одного субъекта может быть оценен согласно следующему выражению:

$$E = [e_A \cdot (1 - \alpha) + z_A \cdot \alpha] \cdot P_A + [e_B \cdot (1 - \beta) + z_B \cdot \beta] \cdot P_B, \quad (1)$$

где: e_A и e_B – возможные издержки на процедуру контроля при безошибочной идентификации субъекта, величины e_A и e_B могут отличаться друг от друга и соответствовать стратегии системы контроля доступа при обнаружении образов из классов A и B ;

z_A и z_B – затраты от ошибочной идентификации субъекта и принятых мер при неверной стратегии системы контроля доступа;

α и β – соответственно ошибки первого и второго рода при распознавании субъекта;

P_A и P_B – соответственно априорные вероятности появления на входе средств контроля доступа образов из класса A и B .

Результат от применения контроля доступа в течение времени T при интенсивности заявок на доступ λ определяется по следующему выражению:

$$E = \{[e_A \cdot (1 - \alpha) + z_A \cdot \alpha] \cdot P_A + [e_B \cdot (1 - \beta) + z_B \cdot \beta] \cdot P_B\} \cdot T \cdot \lambda, \quad (2)$$

Оценки P_A , P_B на некотором интервале T являются прогнозными, их величины зависят от интенсивностей потоков заявок, поступающих на идентификацию. Значения вероятностей P_A и P_B определяются из следующих соотношений:

$$P_A = \frac{\lambda_c}{\lambda_c + \lambda_{НСД}}, \quad P_B = \frac{\lambda_{НСД}}{\lambda_c + \lambda_{НСД}}, \quad \lambda = \lambda_c + \lambda_{НСД}, \quad (3)$$

где λ_c и $\lambda_{НСД}$ – соответственно интенсивности санкционированных и не-санкционированных заявок на доступ.

В корне затрат z_B лежит материальный ущерб организации u , нанесенный в результате разового несанкционированного доступа. Размер u зависит от конкретной организации и определяется как средняя статистическая величина по имеющейся выборке издержек организации от несанкционированного доступа за интервал исследования работы организации.

Как видно из вышеизложенного, эффективность системы контроля доступа ИС определяется параметрами $e_A, e_B, z_A, z_B, \alpha, \beta, P_A, P_B$. При построении системы необходимо подобрать значения параметров, которые обеспечивали бы минимальное значение целевой функции [1].

Список литературы

- 1 Аралбаев, Т.З. Теория информационной безопасности и методология защиты информации: лабораторные работы и методические указания / Т.З. Аралбаев, Т.В. Абрамова; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2018. – 64 с.
- 2 Важность многофакторной аутентификации / [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.securitylab.ru/analytics/425166.php>
- 3 Многофакторная (двухфакторная) аутентификация/ [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Многофакторная_\(двухфакторная\)_аутентификация#](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Многофакторная_(двухфакторная)_аутентификация#).

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

Фролова О.А., канд. техн. наук, доцент,

Каменев С.В., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Материалы конструкций элементов фиксации, должны обеспечивать необходимую жесткость и прочность в условиях нагружения. Для производства металлических фиксаторов часто используются сплавы титана, наноструктурированные титановые сплавы. Выбор этих материалов обусловлен высокой механической прочностью, коррозионной устойчивостью, пластичностью, малым удельным весом.

Конструкции различных металлических фиксаторов состоят из пластин, винтов, шурупов, штифтов. Пластины несут основную механическую нагрузку, обеспечивая надежную и стабильную фиксацию. Винты используются в качестве фиксаторов.

В настоящее время широко применяются современные компьютерные технологии, позволяющие на основе анализа созданной математической модели, выполнить анализ напряженно-деформированного состояния элементов медицинских изделий и условий их разрушения.

Построение математической модели и оценка напряженно-деформированного состояния элементов исследуемых элементов металлоконструкции реализовано в пакете конечно-элементного анализа ANSYS 18.2.

Построенные твердотельные модели пластины и винта разбиты на сеть конечных элементов. Конечно-элементная сетка пластины имеет 70527 узлов и 14658 элементов; конечно-элементная сетка винта имеет 148700 узлов и 97156 элементов. Материал пластины и винта – наноструктурированный титановый сплав. Состояние материала – крупнозернистая структура (КЗ) и ультрамелкозернистая структура (УМЗ). Распределение эквивалентных напряжений оценивали по критерию Мизеса.

Нагружение пластины проводили в условиях, соответствующих действию деформации изгиба с приложением распределённых усилий. Граничные условия задавались жестким закреплением по поверхности отверстий в модели пластины в области контакта с головкой винта.

Максимальная концентрация эквивалентных напряжений для обоих состояний наблюдается на участках приложения нагрузки и на поверхности пластины у ближних отверстий со стороны приложения нагрузки (рисунок 1).

Для материала в состоянии КЗ величина эквивалентных напряжений в этих зонах составила 650-700 МПа, в состоянии УМЗ – 1100-1150 МПа, что соответствует уровню напряжений предела текучести материала. В этих местах

наблюдается интенсивная пластическая деформация, о чем свидетельствуют результаты по перемещениям (рисунок 2). Интенсивность и размер занимаемой области в состоянии УМЗ значительно ниже, чем в состоянии КЗ.

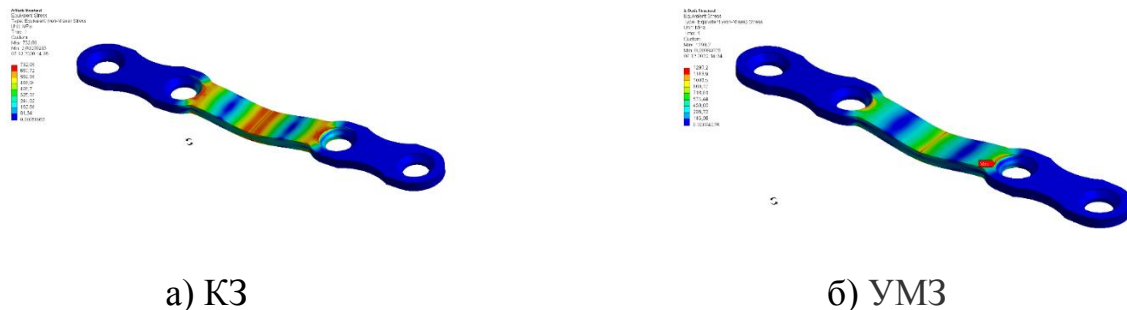


Рисунок 1 – Эквивалентные напряжения

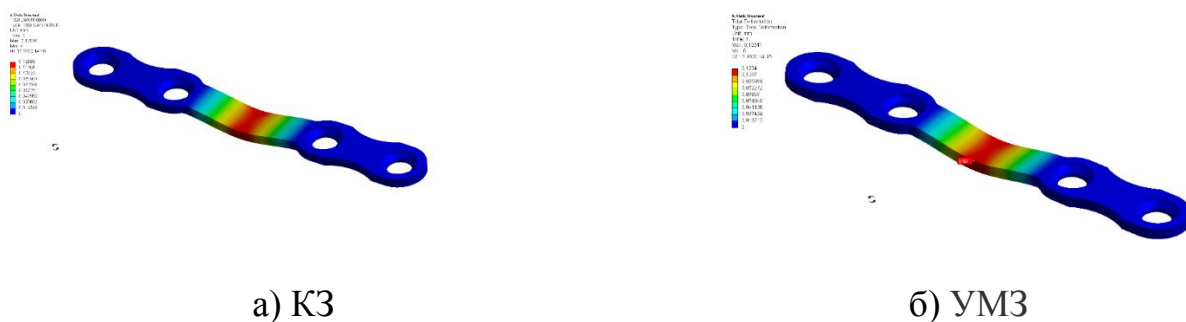
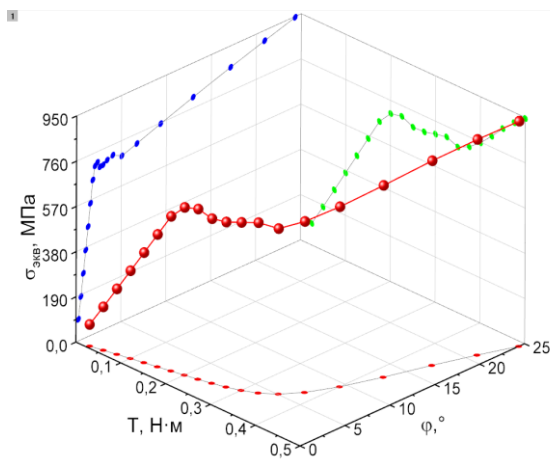


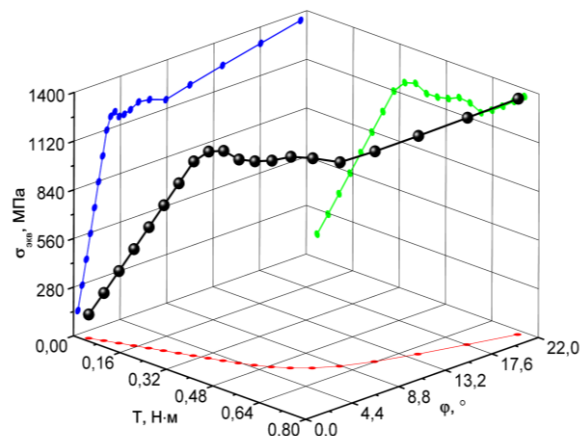
Рисунок 2 – Деформации

Нагружение винта проводили в условиях, соответствующих действию деформации кручения с приложением крутящих моментов 0,5 Н·м (состояние материала – КЗ) и 0,75 Н·м (состояние материала – УМЗ). Граничные условия задавались жестким закреплением по поверхности винта с небольшим натягом в области контакта.

Диаграммы кручения построены на основе экспериментальных данных (рисунок 3).



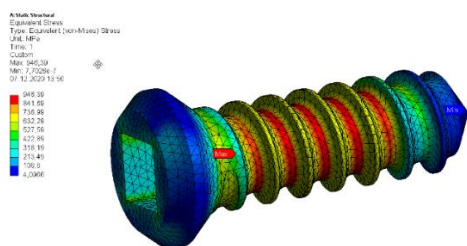
а) КЗ



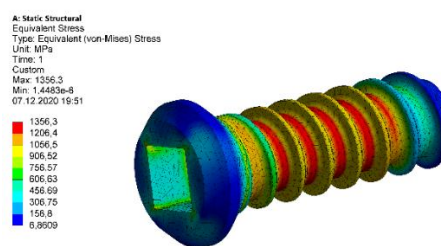
б) УМЗ

Рисунок 3 – Диаграмма кручения

Для материала в состоянии КЗ величина эквивалентных напряжений в зонах на участках резьбовой поверхности составила 900 МПа, в состоянии УМЗ – 1200 МПа (рисунок 4). В этих местах наблюдается интенсивная пластическая деформация, о чем свидетельствуют результаты по перемещениям.



а) КЗ



б) УМЗ

Рисунок 4 – Эквивалентные напряжения

При функциональной нагрузке, вызывающей изгиб пластины и скручивание винта, определены зоны максимальной концентрации эквивалентных напряжений и особенности распределения напряжений и деформаций для двух состояний материала. Оценка напряжений и деформаций, позволяет изучить механизмы разрушения фиксирующих элементов.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Хусаинов Р.Р.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

История развития пьезоэлектричества берёт своё начало в 1880 году, когда братья Пьер и Жак Кюри обнаружили, что под воздействием силы на поверхности некоторых материалов возникают электрические заряды. Этот эффект был назван прямым пьезоэффектом, электричество, вызванное механическим давлением, - пьезоэлектричеством, а материалы, в которых происходит это явление, - пьезоэлектрическими (кварц, турмалин, сегнетова соль и др.). Слово «пьезо» (piezo) заимствовано из греческого и означает «давлё».

Несмотря на то, что данное физическое явление известно уже немногим менее полутора веков, технологии измерения и автоматизированного контроля качества производства на основе пьезоэффекта распространены всё ещё в достаточно ограниченном количестве в сфере машиностроения. Однако признанные преимущества пьезоэлектрических датчиков в области измерения динамических величин, таких как: сила, давление и ускорение, позволяют кардинальным образом повысить качество технологических процессов и добиться максимальной экономической эффективности производства. Именно эти цели стоят перед современным машиностроением и поэтому рассматриваемая тема, как никогда, актуальна.

Области применения пьезоэлектричества обширны, достаточно назвать некоторые из них, чтобы понимать потенциал применения данного эффекта в промышленности: двигателестроение, станкостроение, модернизация сборочных линий, производство медицинских изделий и биомеханических платформ, автомобильная, авиационная и космическая промышленность и другие области промышленности, которые предъявляют высочайшие требования к качеству производства и точности измерений.

Пьезоэлектрическими свойствами обладают следующие кристаллические вещества: кварц, турмалин, ниобат лития, сегнетова соль и др., а также искусственно создаваемые поликристаллические материалы (пьезокерамики): титанат бария, титанат свинца, цирконат свинца и др.

Пьезоэлектрический кристалл обладает высокой упругостью. При прекращении воздействия деформирующего усилия кристалл принимает свою первоначальную форму и объём. При возобновлении или изменении усилия мгновенно возникает новый импульс тока. Пьезоэлектрики являются непревзойдёнными регистраторами очень слабых механических колебаний. Во время открытия пьезоэффекта нерешённой задачей оставалась обработка зарядового сигнала, возникающего в кристалле, из-за очень слабой силы тока.

Сегодня это не является большой проблемой, потому что силу тока можно усилить в многократном размере для удобства обработки сигнала. К тому же некоторые кристаллы имеют настолько выраженный пьезоэффект, что создаваемый ток можно передавать посредством кабелей с усиленной изоляцией на большие расстояния даже без предварительного усиления.

Благодаря более высокой точности и разрешающей способности по сравнению с датчиками на основе других физических принципов, пьезоэлектрические датчики используют для решения множества задач по измерению механических величин, электрических, тепловых и ультразвуковых параметров.

Чувствительный элемент на основе кристалла и отсутствие подвижных деталей даёт значительное преимущество пьезоэлектрическим датчикам и позволяет применять их в условиях высоких ударных нагрузок и температурных колебаний. Простая конструкция и малые размеры элементов датчика создают предпосылки для их внедрения практически в любой области производства, где необходимы точные измерения динамических величин в широком диапазоне. Именно этим объясняется всё более широкое применение пьезоэлектрических датчиков во многих областях промышленности.

Предметом моего рассмотрения является применение пьезоэлектрических технологий в машиностроении в целях повышения эффективности контрольных операций. В связи с этим более подробно рассмотрим пьезоэлектрические датчики силы, применяемые для контроля процессов запрессовки на сборочных линиях и силы резания инструментов. Как известно, пьезоэлектрические датчики наилучшим образом подходят для измерения динамических усилий, так как при статических нагрузках появляется дрейф и затухание сигнала. Поэтому их использование в запрессовочных модулях будет оптимально соответствовать поставленной задаче, а именно: измерение усилия запрессовки и мониторинг процесса запрессовки в реальном времени. На основе получаемых данных можно делать выводы о качестве сборки соединяемых деталей и производить сортировку брака. Для этого достаточно встроить пьезоэлектрический датчик силы со встроенным преобразователем заряда в модуль запрессовки и вывести данные измерений на блок обработки данных и далее на монитор для визуализации.

Другим важным вопросом является определение сил резания для своевременного обнаружения износа инструмента и его замены. Для определения сил, действующих на инструмент или заготовку, обычно проводят экспериментальные исследования на испытательных стендах с помощью лабораторных динамометров. Однако эти приборы, используемые для исследования процессов резания, например динамометры УДМ, не могут быть использованы в производственных условиях для систем оперативного диагностирования на станках с ЧПУ из-за конструктивных и эксплуатационных ограничений.

В связи с этим разрабатываются специальные динамометры, встраиваемые в узлы и детали станков датчики. Их информативность существенно зависит от конструктивной и аппаратной реализации, а также от места расположения на станке датчика, преобразующего значения параметров силы в аналого-

вые электрические сигналы. Выявление оптимального варианта требует специальных исследований, которые необходимо проводить при создании систем диагностирования. При разработке силоизмерительных датчиков следует учитывать конструктивные особенности станка, анализировать цепи силового замыкания.

Результатом внедрения современных контрольно-измерительных систем непосредственно в производственные модули является повышение производительности, качества, снижение временных и энергозатрат и, как следствие, улучшение экономических и экологических показателей производства.

Список литературы:

1. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики / Под ред. В.М. Шарапова. – Москва: Техносфера, 2006. – 632с. ISBN 5-94836-100-4

2. Машины и Установки: проектирование, разработка и эксплуатация. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2016. № 01. С. 1–12.
DOI: 10.7463/aplts.0116.0831168

Интернет ресурсы:

3. <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1438-pezojelektricheskij-jeffekt.html>

4. <http://chpus.ru/diagnostika-rezaniya-iznosa-instrumenta-8.html>

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ КАК ОДИН ИЗ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

Черноусова А.М., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Производственная практика является особенно значимым этапом образовательного процесса для повышения профессиональных компетенций будущего инженера. В соответствии с ФГОС ВО по направлениям подготовки 15.03.04 и 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств одним из типов производственной практики является научно-исследовательская работа (НИР).

Как отмечается в работе [1], «исследовательская работа является незаменимым инструментом формирования критического и независимого мышления молодого специалиста, развития его интеллекта, высоких личностных и морально-этических качеств». В статье [2] выделено два элемента, которые включает научно-исследовательская работа: «обучение студентов элементам исследовательского труда, привитие им навыков этого труда и собственно научные исследования, проводимые под руководством профессорско-преподавательского состава, а также самостоятельно».

Следует отметить, что научно-исследовательская работа обучающихся может иметь различные формы организации, становится органическим составным элементом всего учебного процесса, а при обучении в магистратуре является неотъемлемой составляющей индивидуального плана магистранта. В данной статье рассматриваются вопросы организации и содержания НИР как производственной практики при подготовке бакалавров и магистров в области автоматизации технологических процессов и производств.

Учебными планами реализуемых на кафедре систем автоматизации производства образовательных программ предусмотрены следующие сроки проведения НИР: по направлению подготовки 15.03.04 – в 8 семестре очной формы обучения и в 9 – заочной, по направлению 15.04.04 – в 3 семестре для очной формы и в 5 – для заочной. Общая трудоемкость практик составляет 3 зачетные единицы.

Основной целью такой практики является получение необходимых знаний, умений и навыков для осуществления научно-исследовательской деятельности при создании, исследовании и эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими процессами, выполняемой в рамках обучения по соответствующему направлению подготовки.

Задачи НИР включают:

– формирование профессионального научно-исследовательского мышления обучающихся;

- развитие способности грамотно ставить научные задачи и находить оптимальные пути их решений;
- освоение современных методов теоретических и экспериментальных исследований;
- проведение библиографической работы с привлечением современных информационных технологий;
- использование современных технологий сбора научно-технической информации, обработки и интерпретации полученных данных;
- получение новых научных результатов по теме выпускной квалификационной работы.

Основной формой деятельности обучающихся в процессе проведения НИР является самостоятельная работа с консультацией у руководителя и обсуждением основных разделов: целей и задач исследований, научной и практической значимости теоретических и экспериментальных исследований, полученных результатов, выводов. Главным организатором и координатором творческой деятельности обучающихся будет руководитель практики.

Обучающиеся в своей работе используют источники по теме своего научного исследования. При этом они обязаны ознакомиться с работами по теме своего исследования, рекомендованными ему научным руководителем, выполненными учеными, работающими и работавшими в Оренбургском государственном университете, также в иных научных и образовательных организациях, представляющих основные научно-педагогические школы страны в соответствии с темой исследования. В обязательном порядке обучающийся должен ознакомиться с работами по теме своего исследования, опубликованными в международных изданиях, доступных через международные (в том числе и электронные) библиотечные системы.

Конкретное содержание научно-исследовательской работы отражается в индивидуальном задании, составленном руководителем НИР. Содержание НИР может иметь некоторые различия в связи с разной сферой деятельности организации (предприятия), местом проведения практики, темой исследования.

Примеры индивидуальных заданий, а также рекомендуемые формы представления результатов выполнения заданий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Примеры индивидуальных заданий

Задания	Форма представления результатов выполнения задания
1	2
Описать объект исследования	Описание результатов системного анализа объекта исследования Функциональные модели, построенные с применением, например, методологии IDEF0 UML-диаграммы Схемы информационных потоков Структурные схемы Функциональные схемы автоматизации Результаты анализа документооборота

Продолжение таблицы 1

1	2
Ознакомиться с выполненными и ведущимися научными исследованиями по тематике выпускной квалификационной работы	Описание результатов анализа научных публикаций по выполненным и ведущимся научным исследованиям Таблица сравнения результатов выполненных и ведущихся научных исследований
Провести библиометрический анализ темы исследования	Описание результатов библиометрического анализа темы исследования Диаграммы, гистограммы, графически показывающие динамику распределения публикаций по годам, результаты поиска по ключевым словам, видам публикаций
Ознакомиться с доступными программами обработки результатов	Описание функциональных характеристик программных средств Таблица со сравнительными характеристиками программных средств
Провести теоретические и экспериментальные исследования	Методики, рабочие планы и программы проведения научных исследований Описание результатов теоретических и экспериментальных исследований

Одним из первых этапов выполнения НИР является описание объектов исследования, которыми могут быть системы автоматизации производственных и технологических процессов изготовления продукции различного служебного назначения, управления ее жизненным циклом и качеством, контроля, диагностики и испытаний. Для наиболее полного и объективного представления объекта автоматизации рекомендуется использовать системный анализ, как «методологию решения проблем, основанную на структуризации систем и количественном сравнении альтернатив» [3].

Для проведения библиометрического анализа, позволяющего выявить актуальность, перспективность рассматриваемого научного направления, рекомендуется применять методы количественной оценки элементов документационного информационного потока, методы цитатного анализа, методы лексического анализа [4] и другие.

Научно-исследовательская работа позволяет познакомиться с программными продуктами, применяемыми для автоматизации технологических процессов и производств, а также проведения научных исследований и обработки результатов эксперимента.

Описание всех выполненных исследований оформляется в виде отчета по научно-исследовательской работе, содержание которого должно быть согласовано с руководителем практики. Полученные результаты могут служить обучающимся основой для публикаций и выступлений на конференциях.

Таким образом, проводимая обучающимся научно-исследовательская работа в рамках производственной практики должна способствовать формированию их творческой активности и самостоятельности.

Список литературы

1 Казарбин, А.В. Научно-исследовательская работа студентов как фактор развития инженерного мышления / А.В. Казарбин, Ю.В. Лунина // Проблемы современного образования. – 2020. – № 3. – С. 124-131.

2 Рудакова, Е.В. Научно-исследовательская работа студентов вузов: анализ структуры и содержания НИРС / Е.В. Рудакова // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2015. – № 4 (7). – С. 168-171.

3 Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

4 Павловска, Е. Методы библиометрического анализа научных публикаций [Электронный ресурс] / Е. Павловска. – Режим доступа: <http://www.gpntb.ru/win/inter-events/crimea2014/disk/073.pdf>

ДЕФОРМАЦИИ УСТАНОВКИ С ТЕРМОНАГРУЖАТЕЛЕМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ

**Чирков Ю. А. д.т.н., доцент,
Шулаев И.Д.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Материал под действием постоянного напряжения может в определенных условиях деформироваться с течением времени. Явление непрерывной деформации под действием постоянного напряжения называется ползучестью. В результате высокотемпературной ползучести конструкция со временем может разрушиться. Предел ползучести характеризует напряжение, под действием которого материал может длительное время работать, не подвергаясь значительной деформации. Свойства материалов могут существенно изменяться под действием коррозионных сред. Испытания на коррозионное растрескивание проводят при медленном растяжении образцов со скоростью движения подвижного захвата в диапазоне от 10^{-4} до 10^{-8} м/с. Типовые испытательные машины имеют сложный электромеханический привод, при этом трудно избежать явлений самоторможения и скачкообразного движения подвижного захвата. Используя физическое явление расширения тел при нагреве, разработаны установки с термонагружателем для испытаний материалов на длительную прочность при медленном растяжении [1-5]. Данные установки обладают рядом достоинств и недостатков.

Используя физическое явление расширения тел при нагреве, разработана установка с термонагружателем для испытаний материалов на длительную прочность при медленном растяжении со скоростью движения подвижного захвата в диапазоне от 10^{-4} до 10^{-8} м/с. Установка (рисунок 1) содержит станину 1, захваты пассивный 2 и активный 3, испытуемый образец 4, нагружатель 5 содержит две колонны 6 и трубу 7 с нагревательным элементом 8, ходовой винт 9 с двумя гайками 10 и 11, и два механизма вращения без нагрузки гаек с намотанными гибкими тягами и соединенных ими соответственно через отклоняющие блоки 12 и 13 с грузами 14 и 15, кронштейн 16 соединения нижней части внутренней втулки с коротким плечом рычага 17 переключения конечных выключателей соответственно для включения 18 и отключения 19 нагревательного элемента 8.

Для достижения требуемой скорости движения захвата при остывании и укорачивании трубы 7 предусматривается теплоизолирующий кожух 20.

Установка работает следующим образом. Образец 4 одним концом закреплен в пассивном захвате, другим в активном захвате 3. В охлажденном состоянии приподнятый нижний конец трубы 7 и соединенный с ней кронштейн 16 через рычаг 17 и конечный выключатель 18 включает нагревательный элемент 8. Труба 7 при нагреве удлиняется, и нижний ее конец

освобождает от нагрузки гайку 10 и отрывается от нее. Гайка 10 без нагрузки и под действием груза 14 подворачивается до соприкосновения с трубой 7. Большое плечо рычага 17 поднимается до тех пор, пока верхний конечный выключатель 19 не отключит подачу электроэнергии к нагревательному элементу 8.

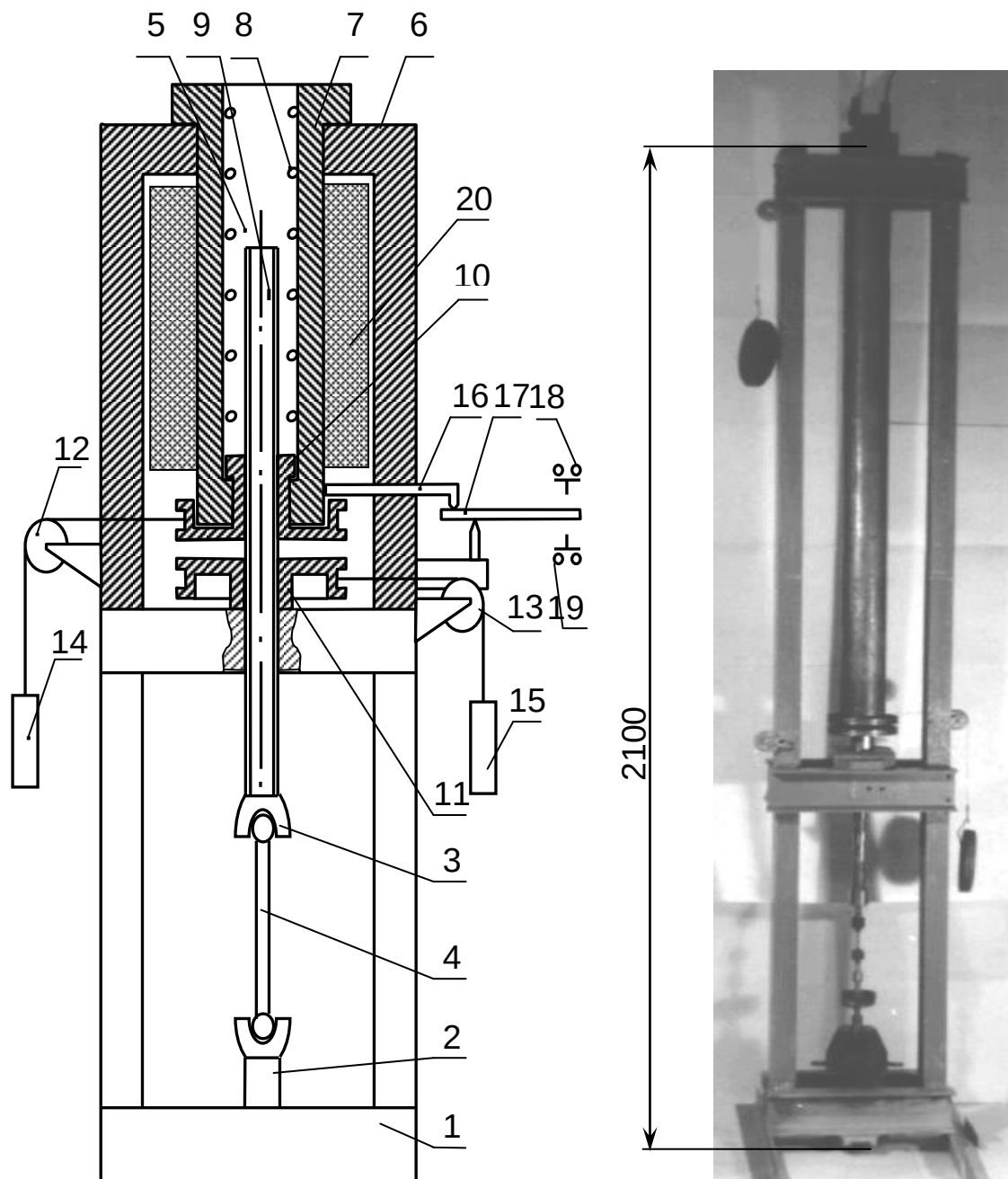


Рисунок 14 – Схема и общий вид установки с термонагружателем

При остывании и укорачивании трубы 7 приподнимается за гайку 10 ходовой винт 9, а гайка 11, освобожденная от нагрузки и оторванная от станины 1 подворачивается через отклоняющий блок 13 гибкой тягой с грузом 15 до соприкосновения со станиной 1 до тех пор, пока нижний конец трубы 7

через кронштейн 16 и рычаг 17 не включит через конечный выключатель 18 нагревательный элемент 8 и конец трубы 7 начнет опускаться вниз, но ходовой винт 9 не опускается, фиксируемый гайкой 11. Гайка 10 отрывается от нижнего конца внутренней втулки 7, освобожденная от нагрузки и под действием груза 14 подворачивается до соприкосновения с трубой 7. Циклы автоматически повторяются, пока не будет отключена энергия от установки другими конечными выключателями, связанными с испытуемым образцом 4.

Регулируя охлаждение, автоматически регулируется и скорость подъема ходового винта. Эффективная работа устройства возможна при большой скорости подвода тепла к термонагружателю. Потери рабочего хода термонагружателя идут на его деформацию и станины от возникновения силы на образце. Поэтому для изготовления термонагружателя необходимо использовать материал с большим коэффициентом расширения и модулем упругости, с низким коэффициентом теплоемкости.

Максимальная нагрузка, которую может создать установка, определяется условием равновесия перемещения от нагрева трубы 7 и деформации от нагрузки элементов установки лежащих выше средней поперечины станины 1, включая прогиб самой поперечины: $\Delta l_T = \Delta l_{F_{нагр}}$. Данная максимальная нагрузка достигается при бесконечном числе циклов подвода тепла к нагружателю и является гипотетической величиной. Величина Δl_T зависит от температуры, до которой разогревается труба 7 нагревателем 8.

Для расчета деформированного состояния и прочности твердых тел обычно используют метод конечных элементов (КЭ). В настоящее время этот метод стал основным инструментом решения разнообразных инженерных задач, касающихся не только прочности, но и динамики, устойчивости, теплопередачи, течения жидкости и газа, статического электричества и т. п.

В теории МКЭ по принципу геометрического представления различают типовые конечные элементы: прямолинейные стержни постоянного поперечного сечения, прямоугольные в плане оболочки, тонкие треугольные, четырехугольные и прямоугольные в плане пластины, круговые кольца треугольного, четырехугольного и прямоугольного поперечного сечения, четырех-, пяти- и шестигранные объемные элементы [6, 7].

Кроме этого для описания твердых упругих тел удобно использовать конечные элементы в форме пирамид, призм и т. д., из которых можно получить твердые тела произвольной геометрии.

Для каждого из перечисленных наборов конечных элементов требуются специфические алгоритмы, что существенно расширяет круг вопросов, с которыми приходится сталкиваться разработчикам программного обеспечения в этой области. С помощью метода КЭ можно провести самые разные виды анализа механического оборудования:

- определение напряженно - деформированного состояния (решение задач прочности и жесткости);
- выполнение расчета устойчивости и получение характеристик потерь устойчивости;

- нахождение собственных частот колебаний конструкции и прогнозирование ее поведения при действии нагрузок, изменяющихся во времени;

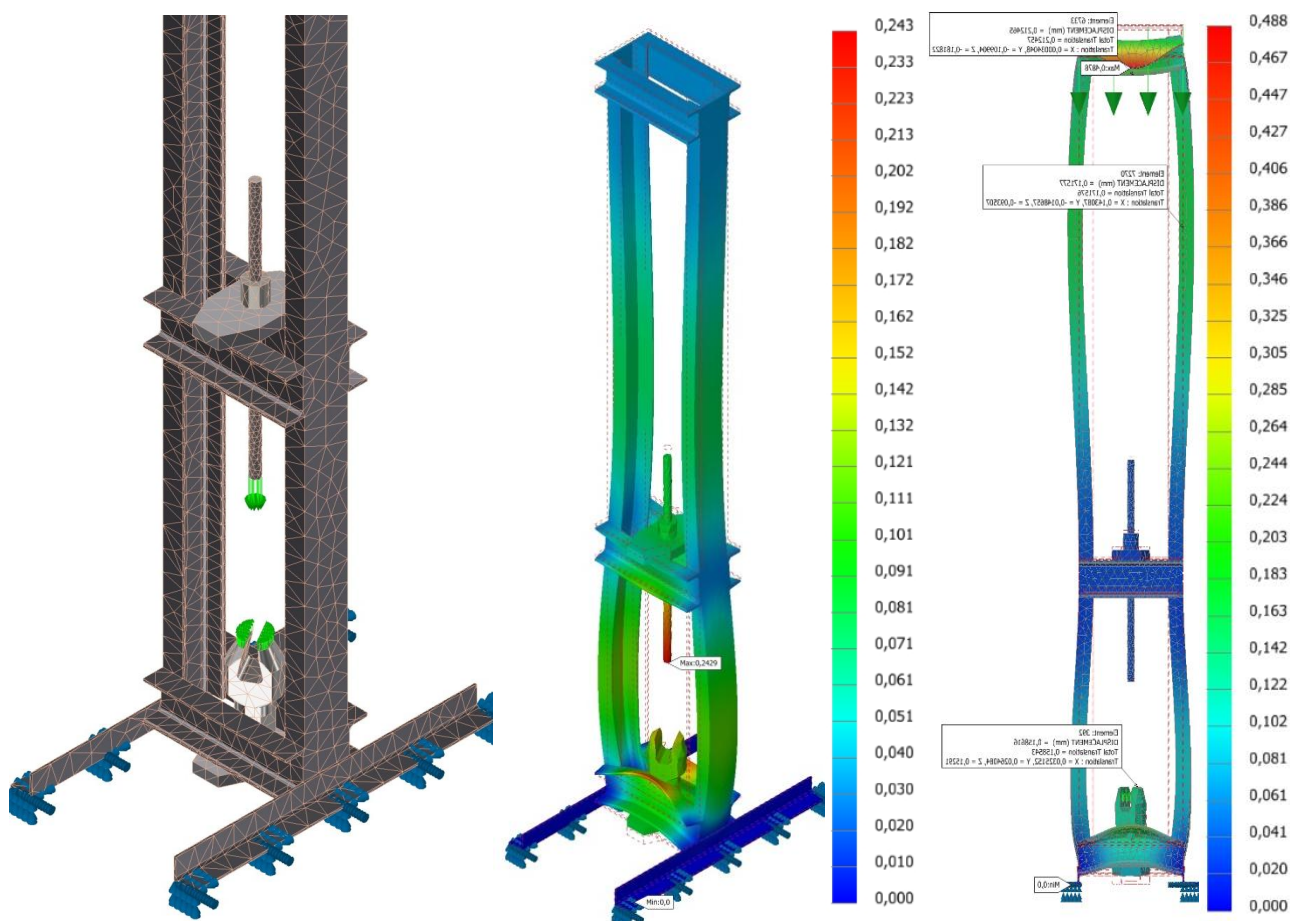
- решение задачи контактного взаимодействия;

- получение тепловых полей и связанных с ними термонапряжений.

Наиболее известными в России продуктами КЭ - анализа являются зарубежные системы NASTRAN (компания MSC. Software) и ANSYS (фирмы Ansys), в которых представлен весь спектр возможностей, характерных для аналогичных систем. Под возможностями здесь следует понимать различный по характеру набор конечных элементов и огромный перечень решаемых задач.

Существуют и отечественные средства такого рода. Так, в состав САПР АРМ WinMachine компании НТЦ АПМ входит модуль АРМ Structure3D, отвечающий за конечно-элементный анализ. Следует отметить, что все системы КЭ - анализа, представленные на рынке, работают примерно одинаково. Различие состоит только в визуальном оформлении и в математических методах решений [7].

Моделирование процесса работы установки с термонагружателем осуществлялось с использованием программ Autodesk Inventor Professional 2019 с модулем Autodesk Nastran 2019, в которой создавалась несущая система установки. В несущей системе моделировалась нагрузка в 30 кН, возникающей при работе нижней гайки и верхней гайки (рисунок 2). На рисунке 3 представлена сеточная модель несущей рамы с приложенными нагрузками.



а) – сеточная модель несущей рамы с приложенными нагрузками;
 б) – перемещения при нагружении нижней гайки;
 в) – перемещения при нагружении верхней гайки

Рисунок 3 – Деформации рамы установки с термонагружателем

Перемещение активного захвата при нагружении нижней гайки ходового винта (термонагружатель нагрет) составило 0,243 мм (рисунок 3 б). При создании нагрузки термонагружателем - охлаждение, деформация всей рамы составляет 0,488 мм.

Согласно результатам расчета деформаций рамы установлена приведенная жесткость рамы установки, определена величина негативной деформации – 0,245 мм, уменьшающая полезную работу термонагружателя. Рекомендовано увеличить жесткость балок рамы.

Список литературы

1. Пат. РФ № 2087894, МПК G 01 N 3/08. Установка для испытаний материалов на растяжение / А.Н. Чирков, В.М. Кушнарченко, А.П. Фот, Ю.А. Чирков, Н.И. Огорелкова. Оpubл. 20.08.1997, Бюл. № 23.'
2. Пат. РФ № 2089873, МПК G 01 N 3/08. Установка для испытаний материалов на растяжение / А.Н. Чирков, В.М. Кушнарченко, Ю.А. Чирков, Н.И. Огорелкова. - Оpubл. 10.09.1997, Бюл. № 25.

3. Пат. РФ № 2091743, МГ1К G 01 N 3/08. Установка для испытаний материалов на растяжение / А.Н. Чирков, В.М. Кушнарченко, Ю.А. Чирков, Н.И. Огорелкова, Р.Н. Узяков. - Оpubл. 27.09.1997, Бюл. № 27.
4. Пат. РФ № 2164345, МПК G 01 N 3/08. Установка для испытаний материалов на растяжение / А.Н. Чирков, Ю.А. Чирков, Р.В. Ромашов, С.Н. Горелов - Оpubл. 20.03.2001, Бюл. № 8.
5. Пат. РФ №2219520, МПК 7 G 01 N 3/08. Установка для испытания материалов на длительную прочность / А.Н. Чирков, Ю.А. Чирков, Е.В. Кушнарченко, П.А. Овчинников. - Оpubл. 20.12.2003, Бюл. №35.
6. Поляков, А. Н. Расчет несущих систем станков в САЕ – системе Ansys: учебное пособие / А.Н. Поляков, С. В. Каменев, К. С. Романенко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2013. – 190 с.
7. Поляков, А.Н. Автоматизированная система компьютерных исследований тепловых деформаций металлорежущих станков. Руководство пользователя: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003 - 112 с.

АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шрейдер М.Ю., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Развитие промышленных предприятий идет по пути все большей интеграции, автоматизации и цифровизации производства и управления. В результате, обеспечение безопасности функционирования промышленного предприятия становится все более трудной задачей, которая в основном всегда решалась фрагментарно, узконаправленно по отношению к определенному типу угроз.

Основные проблемы обеспечения безопасности предприятий связаны с устареванием производственного оборудования и ростом вероятностей отказов, с усложнением технических систем и систем управления, т.е. более сложной управляемостью, а также появлением новых угроз (например, угроз кибербезопасности) и т.д. В связи с этим значительно увеличился уровень техногенной аварийности во всем мире, при этом возрастает и материальный ущерб [1,2].

В России проблема устаревания оборудования стоит особенно остро. Одно из направлений совершенствования систем безопасности предприятий заключается в создании систем мониторинга и оценки остаточного ресурса работоспособности [3].

Решению проблем промышленной безопасности и разработке научных основ промышленной безопасности предприятий посвящено много работ отечественных ученых. Понятийный аппарат теории безопасности промышленных предприятий представлен в работах [4, 5].

Разработке методов оценки риска промышленной безопасности посвящены работы Акимова В.А., Козлитина А.М., Клейменова А.В., Лисанова М.В., Байбурина Р.А., Чичерина С.С., Глухова С.В., Березина В.Л. и др. Методы и системы управления промышленной безопасностью опасных технических объектов представлены в работах Филатова В.С., Ярыгина Ю.Н., Карнаухова М.Н., Грищенко А.Ф., Кондратьева С.Ю., Токарева Д.В., Лисанова М.В., Скрипкина И.Е., Рыженко А.А., Ферапонтова А.В. и др.

Деятельность любой технической системы оказывает воздействие на окружающую природную экосистему. Поэтому проблемы промышленной безопасности предприятий тесно связаны с обеспечением экологической безопасности [6].

В Федеральном законе «Об охране окружающей среды» экологическая безопасность определена как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия

хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий¹.

Под экологической безопасностью промышленного предприятия понимают состояние его деятельности, которое не создает угроз природной среде и опасного влияния на здоровье граждан. К сожалению, такое состояние очень трудно достичь, а современные промышленные предприятия располагаются на первом месте по выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду [6].

Научные и методологические основы создания систем экологической безопасности посвящены работы Измалкова А.В., Кафарова В.В., Маршалла В., Савицкой Т.В., Соболева А.И., Шапиро В.Д., Ярыгина Г.А., Долженко Е.И., Аксютин О.Е., Равиковича В.И., Садовской И.С., Фридина Д.Е., Матягиной А.М., Ястребовой Н.И. и др.

Подсистема экологической безопасности является важной составляющей системы комплексной безопасности промышленных предприятий. Целью данной подсистемы является минимизации влияния предприятия на окружающую среду и удержание его в рамках требуемых норм.

Наряду с другими видами безопасности промышленных предприятий еще одной важной составляющей является обеспечение сохранности и защиты информации. В настоящее время количество хранящейся и обрабатываемой информации на предприятиях непрерывно увеличивается, вследствие чего проблема конфиденциальности становится все более актуальной.

Под информационной безопасностью понимают - состояние информации, информационных ресурсов и информационных систем, при котором с требуемой вероятностью обеспечивается защита информации (данных) от утечки, хищения, утраты, несанкционированного уничтожения, искажения, модификации (подделки), копирования, блокирования [4] и т.п.

Различные аспекты информационной безопасности и в том числе обеспечение информационной безопасности промышленных предприятий также исследуются и разрабатываются многими учеными. Проблемы обеспечения информационной безопасности рассматривались и решались в работах таких российских ученых как: Безруков Н.Н., Герасименко В.А., Бородакий В.А., Зегжда П.Д., Курбатов В.И., Лукацкий А.Г., Ухлинов Л.М. и др., а также в работах зарубежных исследователей: Маклин Д., Лендверт К., Кэррол М., Джакит Р. и другие.

Основы управления защитой информации изложены в работах Нимиткиной В.В., Дунина В.С., Машкиной И.В., Коханова Р.П., Дубровина А.С., Домарева В.В., Воробьева А.А. и других. Вопросам управления информационными рисками посвящены работы Завгороднего С.А., Ольховича Е.А., Симонова С.В., Калашникова А.О., Романенко Н.А. и других.

Помимо всех перечисленных составляющих безопасности промышленного предприятий их его комплексную безопасность невозможно представить без обеспечения экономической безопасности.

¹ Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

Экономическая безопасность предполагает защищенность научно-технического, производственного, кадрового, технологического потенциала предприятия от прямых или косвенных экономических угроз, которые связаны с воздействием внешней среды, а также способность предприятия к гибкому развитию. Основная цель экономической безопасности – обеспечение устойчивой и максимально эффективной работы предприятий в настоящее время и обеспечение гибкого развития и роста в будущем. Данная цель может быть достигнута благодаря предотвращению угроз отрицательного воздействия на экономическую безопасность предприятий всего региона.

Обеспечение экономической безопасности промышленных предприятий предлагается рассматривать как процесс прогнозирования и предотвращения всесторонних ущербов от негативных воздействий на предприятие по различным аспектам финансово-хозяйственной деятельности [7, 8].

Научные разработки данного направления также активно ведутся. В исследование проблем экономической безопасности значительный вклад внесли такие ученые Абалкин Л.И., Мишина О.Н., Налетов И.И., Барбаш Д.А., Носов А.А., Борисевич А.Н. и другие. Проблемам экономической безопасности предприятий посвящены работы Андрощук Г.А., Тамбовцева В.Л., Матвеева Н.В., Чекмазова С.И., Беспалько А.А., Кашина А.В., Носова А.А., Гусева В.С., Нефедовой Т.М. и многих других.

Результаты работы всех вышеперечисленных ученых создали значительную научно-теоретическую базу для построения систем безопасности промышленных предприятий.

Построению систем комплексной безопасности сложных организационно-технических систем также уделяется много внимания. Основные аспекты построения комплексной системы безопасности объектов муниципального и регионального уровня представлены в работах: В.А. Алексеева, В.А. Власова, Т.Г. Габричидзе, П.М. Фомина, И.М. Янникова, Б.А. Якимовича [9-11]. В данных работах рассматривается создание системы мониторинга объектов, оценка риска возникновения аварийных ситуаций и их всесторонних последствий, системный анализ аварийных ситуаций. Коллективом авторов ГУ МЧС России и Ижевского государственного технического университета разработана структура и принципы построения комплексной системы безопасности потенциально опасных объектов [11]. По результатам работ в Удмуртской республике реализована структура комплексной безопасности региона.

Некоторые аспекты проектирования систем обеспечения комплексной безопасности предприятий затронуты в работах Иващенко А.В., Федосеева А.А. [12, 13], однако они не получили дальнейшего продолжения.

Также развивается направление, посвященное комплексной безопасности бизнеса. В работах А.П. Стерхова рассмотрены проблемы комплексной безопасности в условиях глобализации, проблемы обеспечения безопасности для действующих предприятий на территории региона [14, 14]. Теоретические аспекты комплексной безопасности промышленных предприятий представлены в

монографии Стерхова А.П. [16]. Однако разработки данного автора носят в основном организационно-экономическую направленность.

В работах последних лет представлены разработки интеллектуальных интегрированных систем безопасности объектов и территорий [17-19]. Но, несмотря на значительные практические наработки, такие системы охватывают не все аспекты комплексной безопасности.

Таким образом, несмотря на значительные научные исследования и разработки, создание современных систем обеспечения комплексной безопасности промышленных предприятий является сложной актуальной задачей, которую возможно решить только при использовании интеллектуальных технологий анализа информации и поддержки принятия решений. Разработка интеллектуальной системы безопасности позволит обеспечить для предприятия возможность успешно осуществлять деятельность в условиях нестабильности внутренней и внешней среды, своевременно распознавать и предотвращать все возможные угрозы, в результате всестороннего анализа информации, помогающего разработать эффективные средства защиты и минимизировать возможные риски.

Список литературы

1 Огородников П.И., Залозная Г.М., Боровский А.С. Системный анализ обеспечения стабильности эффективного функционирования инновационной и цифровой экономики на основе интеллектуализации системы комплексной безопасности // Экономика региона. - 2018. - Т. 14, вып. 4. - С. 1221-1231.

2 Мусаев А.А., Нозик А.А., Русинов Л.А. Прогностический анализ безопасности промышленного предприятия // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). - 2016. - № 34 (60). - С. 87-93.

3 Каторгина Н.Г., Бородин А.С., Воронина Г.О. Промышленная безопасность на предприятиях нефтяной отрасли // В сборнике: ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ сборник статей III Международной научно-практической конференции. - 2018. - С. 52-54.

4 Девисилов В.А. Понятийно-терминологический аппарат в области безопасности // Безопасность в техносфере. – 2007. – №4. – С. 3-6.

5 Ярочкин В.И., Бузанова Я.В. Теория безопасности. – М.: Акад. проект, 2005. – 176 с.

6 Елкина Л.Г., Набиуллина Р.Р. Управление экологической безопасностью: принципы, способы и формы организации на предприятии // Вестник УГАТУ. - 2009 – Т.12, №3(32) – С. 48-56.

7 Касперович С.А., Дербинская Е.А. Экономическая безопасность предприятия: сущность, цели и направления обеспечения // Труды БГТУ. - 2016. - №7. – С.278-282. – 5с.

8 Габричидзе Т.Г., Янников И.М. Структура и принципы построения комплексной многоступенчатой системы безопасности критически важного, потенциально опасного объекта // Теоретическая и прикладная экология. Киров. - 2007. - №2. – С. 55-69.

9 Комплексная система безопасности критически важных потенциально опасных объектов: монография / под ред. Габричидзе Т.Г. – Ижевск: Изд-во Ассоциация «Научная книга», 2007. – 187 с.

10 Габричидзе Т.Г., Фомин П.М. Организация комплексного государственного мониторинга и прогнозирования ЧС на территории Удмуртской Республики // Гражданская защита. – 2003. - №12. – С. 29-31.

11 Уланова Л.В., Уланов Д.А., Иващенко А.В., Федосеев А.А. Автоматизированная система поддержки принятия согласованных решений по управлению комплексной безопасностью предприятия // Труды международного симпозиума Надежность и качество. - 2009. - Т. 2. - С. 225-227.

12 Федосеев А.А. Построение системы управления комплексной безопасностью научно-производственного предприятия // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. - 2009. - № 3 (25). - С. 56-60.

13 Стерхов А.П. Создание и управление комплексной системой безопасности бизнеса // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2014. - № 8 (91). - С. 199-208.

14 Стерхов А.П. Проблемы обеспечения безопасности и устойчивости бизнеса для промышленных и строительных предприятий // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2015. - № 2 (32). - С. 353-362.

15 Стерхов А.П. Основы теории комплексной безопасности промышленных предприятий инновационного типа: монография. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 308с.

16 Янников И.М., Куделькин В.А., Соболева Н.В. Функциональная модель интеллектуальной интегрированной системы безопасности потенциально опасных объектов // Интеллектуальные системы в производстве. - 2015. - № 3 (27). - С. 77-82.

17 Куделькин В.А., Янников И.М. Алгоритм функционирования распределенной разноуровневой интеллектуальной интегрированной системы безопасности потенциально опасных объектов // Интеллектуальные системы в производстве. - 2015. - № 3 (27). - С. 73-76.

18 Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Необходимость стандартизации разработок распределенных интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий и регионов // ИТ-Стандарт. - 2016. - № 4 (9). - С. 9-11.

19 Куделькин В.А., Янников И.М., Телегина М.В. Принципы создания интегрированных систем безопасности критически важных и потенциально опасных объектов // Интеллектуальные системы в производстве. - 2017. - Т. 15. - № 1. - С. 105-109.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ CRM-СИСТЕМ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Шумилин С.А, Тугов В.В., канд.техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

1. Введение

Рыночные тенденции привели к цифровизации, использованию технологий и трансформации бизнеса в эпоху, получившую название Индустрия 4.0. Ключевой аспект успеха бизнеса - это довольный клиент. Деловая среда меняется год от года, а в маркетинге и деловой практике наблюдается постоянно растущая тенденция сосредоточения внимания на потребителе и его / ее потребностях. В нашем случае, мы рассматриваем такой сегмент бизнеса, как медицинские учреждения. Учитывая специализацию бизнеса, можно сделать вывод о том, что акцент на понимание клиентов, направленности их потребностей, финансовых возможностей и потенциала имеет решающее значение. Каждый клиент важен, однако, несмотря на это, существует коммерческая необходимость классифицировать клиентов по определенным критериям. Традиционная цель маркетинговых стратегий достигается за счет роста новых клиентов; лояльность клиентов становится основной целью управления взаимоотношениями с клиентами. Обычно это более выгодно и менее затратно поддерживать существующих клиентов, которые приходят регулярно и пользуются большей частью услуг, чем постоянно пытаться найти новых клиентов. Компании на рынке осознают эту тенденцию, что приводит к внедрению различных систем CRM (управления взаимоотношениями с клиентами). В последние годы к системам CRM стало уделяться повышенное внимание с точки зрения программного обеспечения и требований для создания прибыльных отношений. Результаты различных исследований подтверждают необходимость наличия CRM для долгосрочной устойчивости бизнеса [1].

Цель статьи – проанализировать использование CRM-систем в медицинских учреждениях и установить решающие факторы для ее внедрения. Рассмотрим сам принцип управления клиентами в CRM-системах, принципиальные возможности настройки CRM под потребности организации и современная практика применения CRM в медучреждениях.

2. Материалы и методы

2.1. Управление взаимоотношениями с клиентами

В целом единого определения CRM не существует. Каждый автор определяет CRM по-своему. Управление взаимоотношениями с клиентами - это в первую очередь согласование стратегии работы с клиентами и бизнес процессы, все для повышения лояльности клиентов и прибыльности бизнеса. Сотруд-

ничество сторон обеспечивают очень тесные личные, информационные и рабочие связи, а также достижение долгосрочных общих целей.

Устойчивая и актуальная сегментация клиентов может быть обеспечена только в здоровой компании, если CRM-система работает хорошо. Если CRM-системы содержат актуальные данные, и эти данные детальны, включая интерес к продуктовому портфелю, бизнес-потенциалу и т. д., то эту сегментацию можно полностью использовать для многих целей.

CRM - это интерактивный процесс, направленный на достижение оптимального баланса между корпоративными инвестициями и удовлетворение потребностей клиентов. Оптимальный баланс определяется максимальной прибылью обеих сторон». Предпосылкой для достижения этого оптимального состояния является установление долгосрочных партнерских отношений с покупателями. Долгосрочное и перспективное сотрудничество имеет большое значение для обеих сторон, т.е. выражается в денежном эквиваленте.

Обслуживание клиентов включает постоянное обновление потребностей, мотивации и привычек клиентов; количественная оценка преимуществ ключевых функций CRM; маркетинг, продажи и услуги; использование знаний о клиентах и опыт новаторства предлагаемых продуктов; интеграция маркетинга, продаж и поддержки клиента в единое целое; использование современных инструментов для поддержки потребностей клиентов; и количественная оценка преимуществ CRM, поддержание баланса между маркетингом, продажами и обслуживанием, чтобы максимизировать прибыль.

CRM - это система, которая отслеживает взаимодействие клиентов с компанией и позволяет сотрудникам найти необходимую информацию о клиенте, такую как прошлые заказы, история обслуживания, решенные проблемы, и т.д. Все записи ведутся и используются для единственной цели сделать клиента счастливым, потому что именно клиент заставляет бизнес работать.

2.2. Настройка CRM-системы

Настройка CRM-системы в первую очередь состоит из создания базы данных всех клиентов, как текущих, так и потенциальных. Необходимо заполнить как можно больше информации, помимо основной, в зависимости от сегмента, продуктовой структуры компании и уровня знаний клиентов. Эта информация имеет решающее значение для всей маркетинговой деятельности и сегментации клиентов.

Под CRM обычно понимают корпоративную философию или, как вариант, стратегию, которая направлена на снижение затрат и повышение прибыльности компании за счет создания долгосрочных отношений со своими клиентами. Это сводка информационных процессов и технологий, приносящая компании пользу в виде постоянных клиентов и более эффективном использовании перекрестных продаж для помощи в построении компанией хорошей репутации.

Таким образом, CRM воспринимается как технология, связанная с данными, позволяющая получать более высокую прибыль или стратегический подход, который приносит пользу. Преимущество CRM в снижении затрат,

улучшении обслуживания и поддержки. Основная цель CRM - не прибыль, а создание ценности. Ценность должна быть с обеих сторон: как со стороны компании, так и со стороны клиента.

CRM состоит из трех основных элементов, среди которых есть прямая связь, а четвертый элемент дополняет их. Таким образом, для реализации полного функционала CRM, настройке подлежат следующие элементы:

- Люди - человеческий капитал, клиенты, сотрудники;
- бизнес-процессы - ориентация, смешение, унификация;
- технологии - вид, объем, область применения;
- содержимое - данные, обработка, сортировка, архивирование.

2.3. Современная практика применения CRM в мед. учреждениях

В результате независимого исследования рынка CRM компанией «Битрикс24» [2] выяснилось, что 71% компаний использует цифровые технологии для автоматизации работы. Из них – 55% установили учетные программы (в т.ч. бухгалтерский софт), а всего 10% респондентов сообщили, что используют CRM-системы. 6% используют собственное ПО.



Рисунок 1. Знание, что такое CRM, в зависимости от отрасли, %.

Исходя из представленного графика (рисунок 1), мы можем заметить, что доля медицинских учреждений на рынке CRM составляет 24%. Из этого можно сделать вывод о том, что процесс внедрения CRM в этой сфере находится на начальной стадии и его можно и нужно совершенствовать для всех групп пользователей, что представлены на рисунке 2.

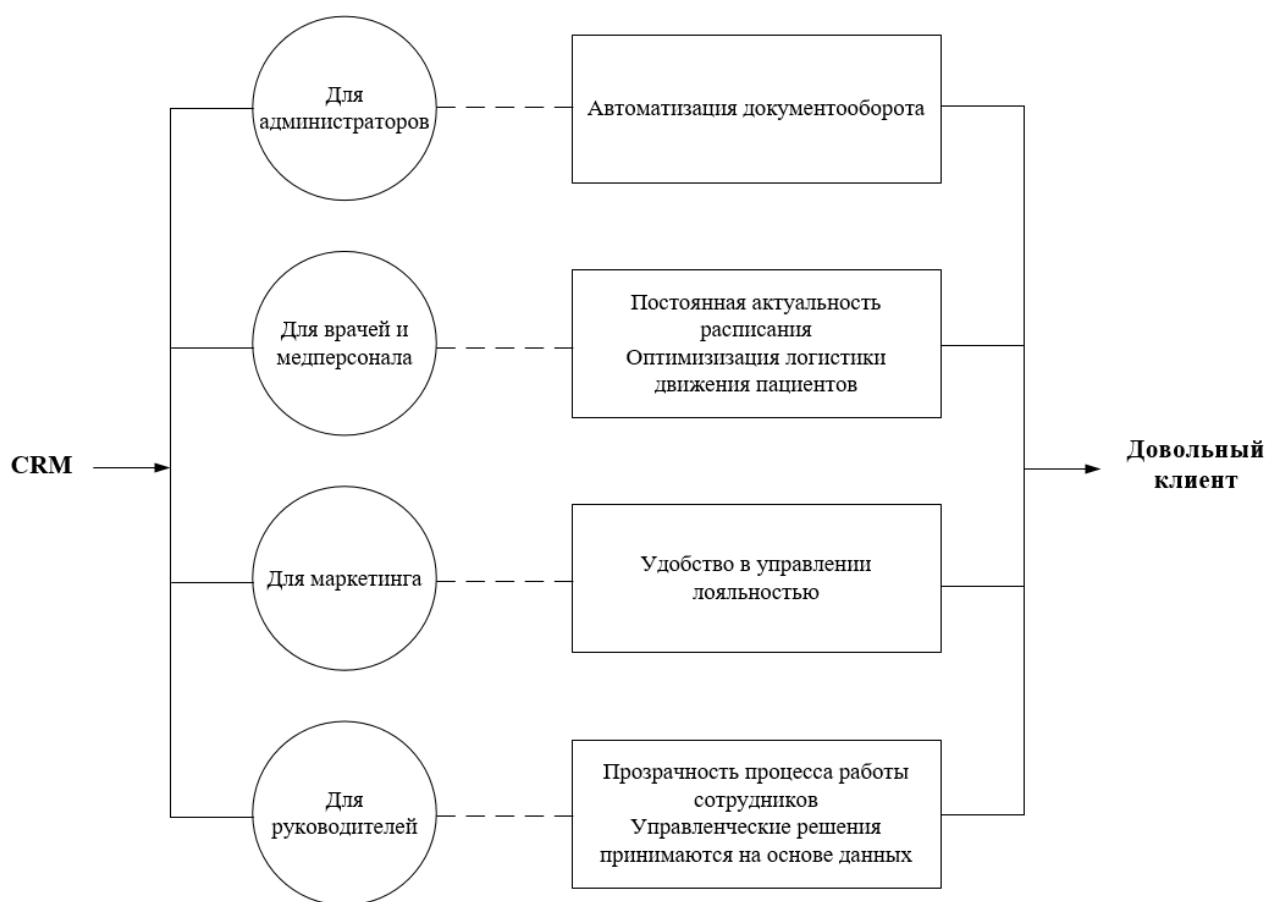


Рисунок 2. Внедрение CRM в медучреждениях.

3. Заключение

Таким образом, чтобы добиться повышения эффективности использования CRM-систем в медучреждениях для каждого вида пользователя, потребуется применение методологии системных исследований для автоматизации документооборота, оптимизации логистики движения пациентов, управления лояльностью, создания управляемости сотрудниками медицинских учреждений и принятия управленческих решений на основе актуальных данных.

Список литературы

1. Customer Relationship Management and Recent Developments: сайт. – URL: <https://doi.org/10.3390/admsci6030007> (дата обращения: 15.12.2020). – Текст: электронный.
2. Ритейл остается сферой, где менее всего используются средства автоматизации. Исследование: сайт. – URL: <https://belretail.by/article/riteyl-ostaetsya-sferoy-gde-menee-vsego-ispolzuyutsya-sredstva-avtomatizatsii-issledovanie> (дата обращения: 15.12.2020). – Текст: электронный.

АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ ВОЗДУХОВОДОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

**Щербаков Д.А., Трипкош В.А. канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В последнее время все большее внимание уделяется автоматизации производственных объектов, автоматизации учета и контроля технических и эксплуатационных характеристик объектов, повышению эффективности логистических процессов, сокращению времени реагирования на чрезвычайные ситуации и возможности централизованного управления. Производство воздуховодов также является отраслью, для которой актуальна тема решений по автоматизации.

Актуальность автоматизации вентиляционного производства трудно переоценить, вентиляционные системы применяются во многих отраслях: сельском хозяйстве, производственных зонах, торговле, больницах и чистых помещениях, спортивных сооружениях, зонах отдыха и т.д.

Трудно представить себе современную систему вентиляции без таких компонентов, как воздуховоды. Этот продукт имеет самую разнообразное назначение, но основная задача воздуховодов – облегчить быструю транспортировку воздуха (кислорода или другого газа) с минимальным шумом.

Целью этой статьи является анализ решений по автоматизации производства воздуховодов.

На практике востребованы самые разнообразные воздуховоды, поэтому они классифицируются согласно различным спецификациям:

- форма (прямоугольные, круглые воздуховоды);
- материал (различная пластмасса, гальванизированная и нержавеющая сталь, алюминий, полиэстер, стеклоткань, термопластик или другая специализированная резина, силикон);
- наличие специальных свойств (гибкость, огнестойкость);
- способ соединения (с помощью соска или специальных креплений) [1].

Существует два основных типа воздуховодов: жесткий и гибкий (каркас).

Наиболее распространенным вариантом является круглый или прямоугольный канал из оцинкованной стали или алюминия. Такие воздуховоды изготавливаются на специальной автоматической производственной линии. Этот вариант воздуховодов более дешев, чем пластик, быстрее и проще в установке, характеризуется огнестойкостью и не ржавеет. Он также имеет низкое сопротивление воздуха. Этот тип воздуховодов обычно используется в вентиляционных системах различных предприятий, офисов, крупных культурно-развлекательных комплексов, спортивных, образовательных и общественных организаций общественного питания. Также он подходит для любого другого

типа зданий, которые имеют помещения с большой площадью, где необходим динамический воздушный обмен.

Более сложным вариантом является гибкий воздуховод. Он используется только при определенных обстоятельствах. Например, в небольшом помещении со сложной структурой или без большого оцинкованного воздуховода, пригодного для установки. Также такой тип воздуховодов используется в активных системах вентиляции, где с помощью вентилятора требуется удалять отработанный воздух, кислотные пары и другие газы из промышленных зданий.

Конечно, гибкая вентиляционная труба дороже жесткой трубы. Однако производство жестких воздуховодов более выгодно, так как они более популярны и, следовательно, легче реализуются.

В настоящее время на рынке предлагается оборудование по производству воздуховодов от различных производителей. Очень важно правильно подобрать линию для производства воздуховодов и создать ритмичный процесс производства и продажи конечного продукта [2].

Производство воздуховодов осуществляется на специальном металлообрабатывающем оборудовании. Качество готового продукта зависит от качества металла и станков. Особое внимание уделяется изготовлению соединительных креплений и аксессуаров: соединительных фитингов (ниппелей), разъемов, вставок, кранов.

Самым популярным воздуховодом, используемым в современных системах вентиляции и кондиционирования воздуха, остаются воздуховоды из оцинкованной стали. Изготовление оцинкованного воздуховода имеет ряд фундаментальных нюансов, в частности, требуется обеспечить прочность конструкции и герметизацию уплотнений и, следовательно, воздуховодов в целом.

В настоящее время многие производители воздуховодов используют европейское оборудование. Европейские стандарты качества довольно высоки и требовательны, поэтому ответственный производитель в конечном итоге принимает решение в свою пользу.

Производство оцинкованных воздуховодов – это процесс, который требует точного соответствия требуемым характеристикам и размерам. Из большого оцинкованного стального листа создается воздуховод различной формы и размера, как в форме шаблона, так и на заказ. Но в большинстве случаев производством воздуховодов занимаются небольшие компании, поэтому управление этим процессом осуществляется вручную. Поэтому требуются решения по автоматизации производства воздуховодов.

Создание современной цифровой системы автоматизации в рамках малых предприятий – одна из важнейших задач.

Автоматизация в этом случае выступает в качестве инструмента для цифровой трансформации бизнеса с целью повышения его конкурентоспособности.

Основные задачи, которые необходимо при этом решить можно представить в трех тезисах:

– полная автоматизация бизнеса, включая все технологические и бизнес-процессы;

- интеллектуализация (оцифровка) управленческих решений во всех бизнес-процессах;
- увеличение скорости оптимального выбора.

В настоящее время широко используются системы управления технологическими процессами на основе решений SCADA, основанных на принципе клиент-серверного приложения. У этой технологии есть много недостатков: высокая стоимость самого SCADA, довольно дорогая автоматизация (Telemechanisierung). Как правило, эти затраты зависят от количества измеренных (контролируемых) параметров процесса, а также от количества задач оператора (диспетчера). Это затрудняет использование крупных и / или «дешевых» технологических процессов с низкой окупаемостью инвестиций для проектов автоматизированного управления процессами (например, в жилищно-коммунальных учреждениях).

Кроме того, система автоматизации производства на основе продукта SCADA также закрыта для независимой разработки. Существует несовместимость между продуктами SCADA из-за закрытых протоколов их взаимодействия, что затрудняет использование нескольких продуктов SCADA в проекте автоматизированной системы управления процессами. Ведь такая система требует контроля версий программного обеспечения.

Следует отметить, что современные продукты SCADA обычно включают модуль webscada, инструмент, который позволяет контролировать и управлять системой SCADA через интернет-браузер. Однако Webscada – это не отдельная программа автоматизации / телемеханизации, а «мост» между системой SCADA и пользователем со всеми вытекающими отсюда недостатками [3].

Изготовление высококачественных воздуховодов в условиях автоматизации производства требует наличия соответствующего оборудования. Это оборудование представляет собой автоматическую линию с использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ), с помощью которого выполняются следующие действия:

- изгиб простых углов;
- создание коробок в прямоугольных воздуховодах;
- резка листового металла (в соответствии с заданными параметрами).

Использование этой линии значительно увеличивает скорость изготовления воздуховода и значительно снижает долю дефектов в изделии (в большинстве случаев дефект обусловлен человеческим фактором).

Таким образом, станки с ЧПУ должны использоваться в линии, управляемой SCADA-системой. В этом случае для управления производственным процессом потребуется только один сотрудник. Размеры полученного продукта и количество продукта будут корректироваться с помощью сенсорного контроллера.

В составе линии по производству воздуховодов в соответствие с концепцией SCADA должно быть задействовано и другое оборудование (спиральная машина для намотки, разматыватели и др.) по модульному принципу и в разных комбинациях. Модульная конструкция выполняет следующие функции:

- доставка металлов;
- обработка металлов;
- применение жесткости;
- поперечное сечение металла и др.

Для ускорения производственного процесса в автоматизированной линии необходимо использовать несколько разматывателей. Это значительно сокращает время, необходимое, так как при переходе от одной толщины к другой толщине металла не требуется корректировка. Станция разматывания оснащена блоком автоматики обратной связи и устройством плавного пуска.

Таким образом, анализ решений автоматизации производства воздуховодов показал, что целесообразно использование SCADA-систем и оборудования с ЧПУ в линии, управляемой SCADA-системой. Что позволит добиться:

- высокого качества изготовленных воздуховодов;
- повышения скорости изготовления воздуховодов, увеличение мощности производства;
- минимального расхода металла;
- точного соблюдения технологии изготовления;
- снижения брака по причине человеческого фактора;
- отсутствия вреда здоровью человека.

Список литературы

1 Филимонов, А.В. Разработка технологии производства профилей обрамления воздуховодов / А.В. Филимонов, В.И. Филимонов // Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочнения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности : материалы I Всерос. науч.-производ. конф., 10 февр. 2016 г., Ульяновск / М-во образования и науки РФ [и др.]. – Ульяновск: УГТУ, 2016. – С. 122-125.

2 Филимонов, С.В. Автоматизированные линии производства гнутых профилей / С.В. Филимонов, В.И. Филимонов, А.В. Филимонов // Заготовительные производства в машиностроении, – 2008. – № 4. С. 39-44.

3 Мальцев, А.Н. Автоматические системы удаленного диспетчерского контроля и управления на основе SCADA системы / А.Н. Мальцев, В.А. Тихомиров // Актуальные проблемы электроэнергетики. Труды НГТУ. – Нижний Новгород, 2012. С. 137-141.

НАПЛАВКА СЕДЛА КЛАПАНА ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ЭЛЕКТРОДОМ ЦН-12М

**Юршев В.И., канд. техн. наук, доцент, Кириленко А.С., канд. техн. наук,
Репях В.С., канд. техн. наук, Исмагилов Р.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Седло клапана – один из основных элементов запорно-регулирующей трубопроводной арматуры и является наиболее нагруженной частью устройства. Седло сопрягается с иглой и на них воздействуют как механические нагрузки (вследствие трения, давления рабочей жидкости или газа), так и какие-либо химические воздействия (высокое содержание сероводорода либо другого газа).

В работе рассматривается седло из стали 12Х18Н10Т, высокое содержание хрома в стали придаёт способность металла к пассивации и обеспечивает сильные антикоррозийные свойства стали. Присутствие в составе никеля переводит сталь в аустенитный класс. Это свойство позволяет сочетать технологичность нержавеющей стали с высоким набором эксплуатационных характеристик. Сталь хорошо подвергается прокату в холодном и горячем состоянии, обладает высокой, по сравнению с ферритными сталями, коррозионной устойчивостью в агрессивных средах, в том числе серной кислоте. Данную сталь в промышленности используют для изготовления деталей, работающих при больших температурах в агрессивной среде.

При восстановлении уплотнительных поверхностей наплавкой необходимо соблюдение заранее разработанного технологического процесса с учётом марки основного и наплавляемого материалов, условий эксплуатации запорной арматуры и технических требований к восстанавливаемой детали. В технологических картах необходимо указывать последовательность работ и режимы их выполнения, марки и сечения электродов, используемые флюсы, силу тока, число проходов, температуру предварительного подогрева, режимы последующей термообработки, методы контроля, применяемое оборудование и оснастку.

Сёдла обычно наплавляют сплавами повышенной стойкости с помощью электродов ЦН-2, ЦН-6, ЦН-6М, ЦН-6Л, ЦН-12, ЦН-12М (таблица 1). При выполнении наплавки электродами группы ЦН необходимо обеспечить сопутствующий подогрев детали. Наплавку необходимо производить в нижнем положении на вращающемся столе или в специальном приспособлении. В процессе наплавки используют источники питания постоянного тока обратной полярности.

Электроды ЦН-12 (ЦН-12М) типа ЭН-1Х16Н8М6С5Г4 используются для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, работающей при температуре до 600 °С при удельном давлении до 70 МПа. Твёрдость наплавленного

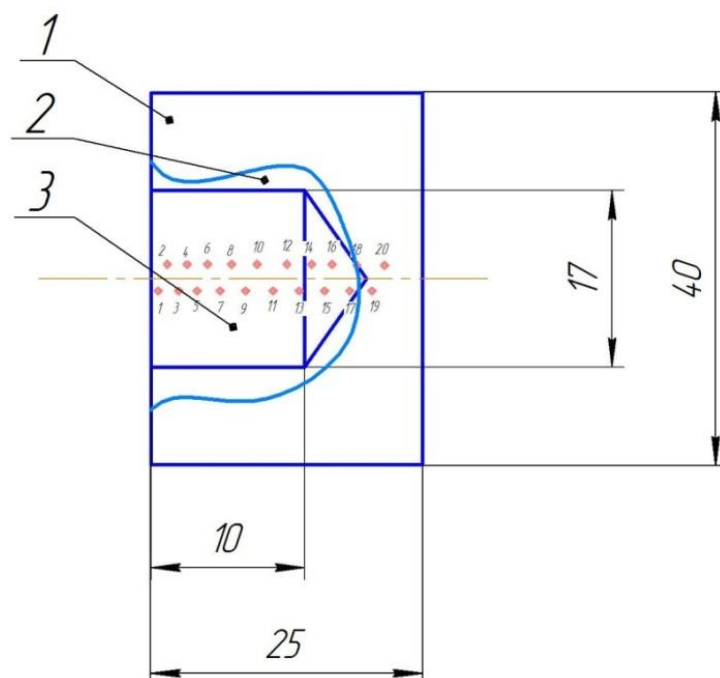
слоя после термообработки при температуре 20 °С: электродами ЦН-12 – 40-52 HRC; ЦН-12М – 38-50 HRC.

Сварочный ток зависит от диаметра электрода, напряжение на дуге составляет в пределах 24-26 В.

Таблица 1 – Сила сварочного тока в зависимости от диаметра и марки электрода

Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А		
	ЦН-2	ЦН-6М (ЦН-6Л), ЦТ-1	ЦН-12 (ЦН-12М)
3	–	–	80-110
4	120-140	110-130	120-140
5	180-200	180-200	180-230
6	220-240	–	–

Термообработку и измерение твёрдости проводили на образцах-свидетелях с просверленным отверстием диаметром 17 мм. Измерение твёрдости до термообработки проводилось по схеме (образец разрезан), представленной на рисунке 1. Испытание твёрдости проводилось в шахматном порядке. Расстояние между точками 1, 3, 5, 7...19 равно 1 мм, расстояние между точками 1 и 2 равно 0,8-1мм. Точки под нечётным номером находятся параллельно точкам под чётным номером. Такая схема измерения твёрдости повышает точность и эффективность измерений.



1 – зона основного металла; 2 – зона сплавления;
3 – наплавленный металл электрода

Рисунок 1 –Схема измерения твёрдости образца до термообработки

По результату испытания (таблица 2) построен график, представленный на рисунке 3.

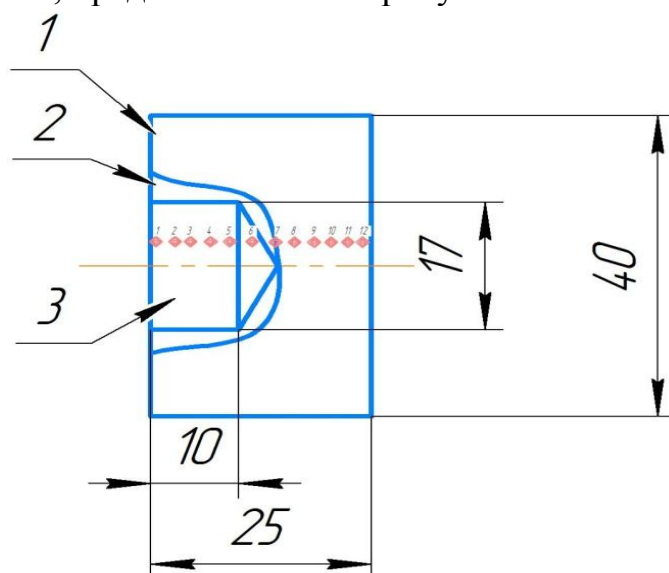
Исходя из полученных данных сделали вывод, что твёрдость наплавленного электрода выше, чем твёрдость основного материала. Однако твёрдость не соответствует заявленной в справочнике материала.

Таблица 2 – Таблица измеренной твёрдости по точкам до термообработки

№ точки	Твёрдость HRB	Твёрдость HB	№ точки	Твёрдость HRB	Твёрдость HB
1	104,6	243	11	95,6	210
2	104	262	12	94,9	207
3	105,1	275	13	93,3	197
4	105	275	14	86,7	167
5	103,5	269	15	82,9	152
6	105,1	276	16	84,7	159
7	103,7	270	17	82,3	149
8	102,5	242	18	83,4	153
9	100,9	230	19	81,2	147
10	101	235	20	83,9	155

Для того, чтобы повысить твёрдость наплавленного слоя, нам необходимо провести термообработку данного образца. Ожидаемая твёрдость должна быть выше в 2-3 раза.

Термическая обработка наплавленного слоя на сталь 12X18H10T представляет собой нагрев в течение примерно 3 часов до 850 °С, выдержку при данной температуре 1 ч, охлаждение с печью до температуры 300 °С, далее необходимо провести охлаждение образца на воздухе. Измерение твёрдости проводилось по схеме, представленной на рисунке 2.



1 – зона основного металла; 2 – зона сплавления;
3 – наплавленный металл электрода

Рисунок 2 – Схема измерения твёрдости образца после термообработки

Твёрдость после термической обработки ($t = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 час) представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Таблица измеренной твёрдости по точкам после термообработки ($t = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 час)

Твёрдость наплавленного слоя			Твёрдость основного металла		
№ точки	Твёрдость HRC	Твёрдость HB	№ точки	Твёрдость HRB	Твёрдость HB
1	32	303	7 (зона сплавления)	18	207
2	32,5	307	8	88,5	178
3	33	311	9	82	155
4	30	286	10	82,5	157
5	29	278	11	81,5	154
6	27	263	12	81	153

По результату испытания построен график, представленный на рисунке 3.

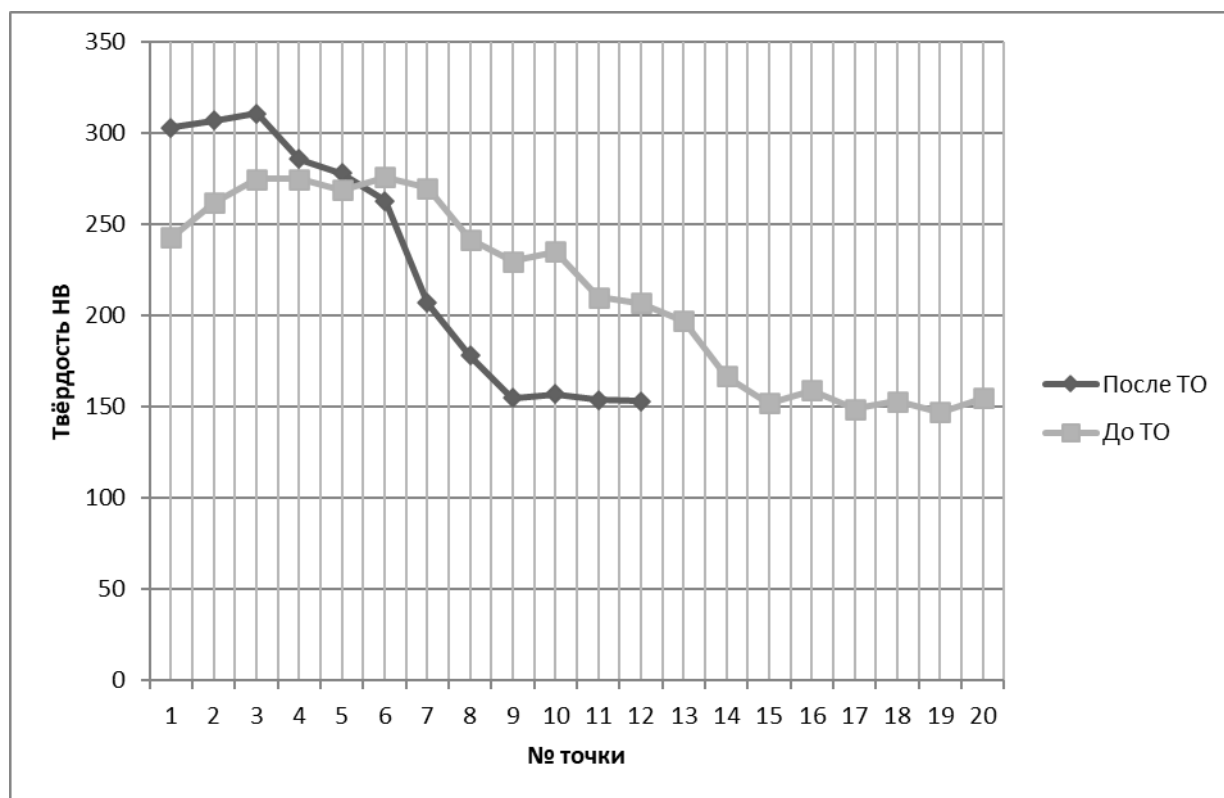
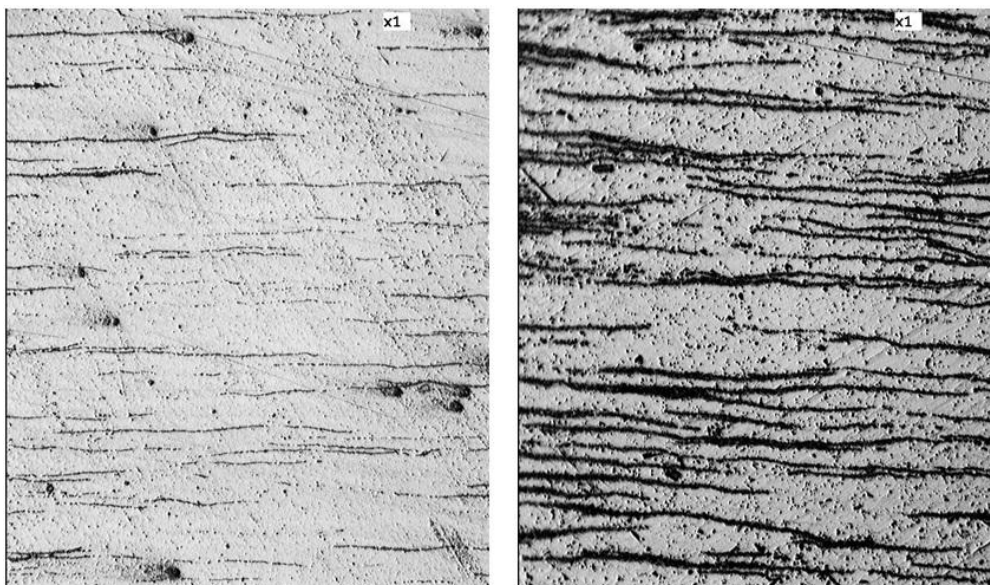


Рисунок 3 – График изменения твёрдости образца по точкам до и после термической обработки

По результатам проведённого испытания установлено, что твёрдость наплавленного слоя повысилась на 50-60 HB и в конечном итоге составила 280-300 HB (30-32 HRC).

В ходе исследования образца были получены микроструктуры образца до

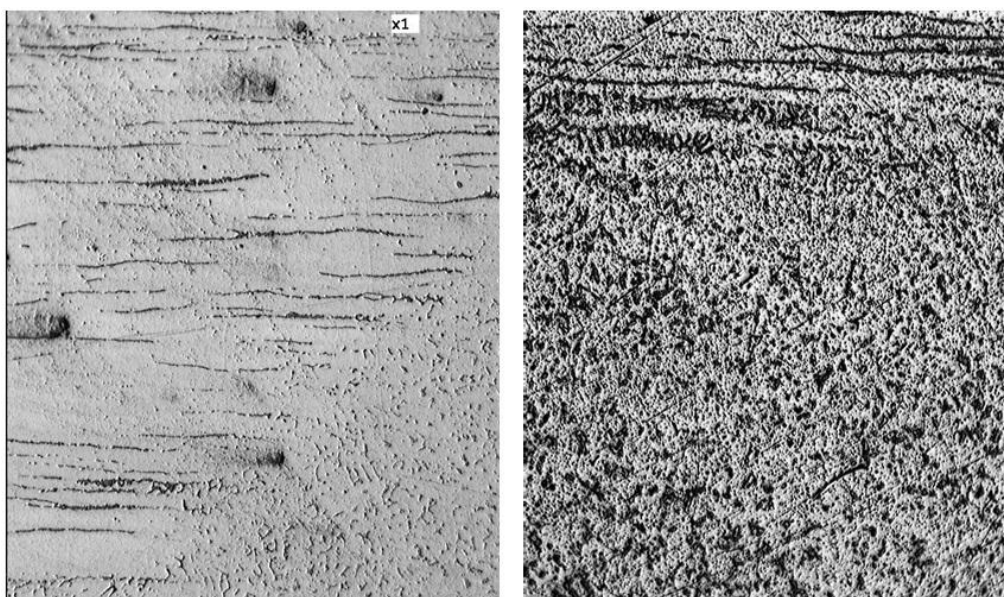
и после термической обработки. На рисунке 4 представлена микроструктура основного металла (12X18H10T).



а
а – микроструктура до термообработки;
б – микроструктура после термообработки

Рисунок 4 – Микроструктура основного металла (x200)

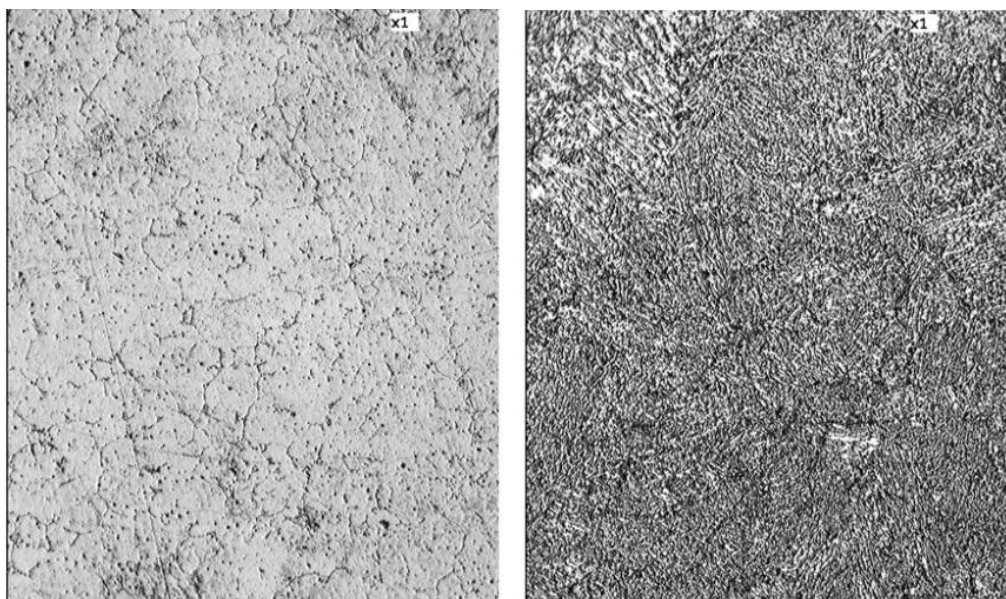
На рисунке 5 представлена микроструктура зоны сплавления основного (12X18H10T) и наплавленного металлов (ЦН-12М) при увеличении x200.



а
а – микроструктура до термообработки;
б – микроструктура после термообработки

Рисунок 5 – Микроструктура зоны сплавления основного и наплавленного металлов (x200)

На рисунке 6 представлена микроструктура наплавленного металла (ЦН-12М) при увеличении x200.



а

б

а – микроструктура до термообработки;

б – микроструктура после термообработки

Рисунок 6 – Микроструктура наплавленного металла (x200)

В результате проведения исследования твёрдость наплавленного слоя повысилась на 25-30% и достигла 32 HRC.

Ожидаемую твёрдость 38-50 HRC, заявленную производителем, в настоящее время получить не удалось и продолжается уточнение режимов термообработки.

Список литературы

1. Гуревич, Д.Ф. Трубопроводная арматура: Справочное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1981. – 368 с.
2. Юршев, В.И. Совершенствование технологического процесса изготовления и повышения износостойкости запорной арматуры нефтегазовой промышленности / В.И. Юршев, Е.С. Жукова, А.В. Курганов, Е.А. Левин, Н.В. Юршева. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет», Оренбург, 2017.
3. Стандарт ЦКБА. Арматура трубопроводная. Задвижки. Методика силового расчета / СТ ЦКБА 002-2003, НПФ «ЦКБА» 2003.
4. Плотников, П.Н. Запорная задвижка с приводной головкой. Расчет и конструирование: учебно-методическое пособие / П.Н. Плотников, Т.А. Недошивина. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2015. – 136 с.

5. Войнов, Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. – М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.

6. Богодухов, С.И., Сулейманов, Р.М., Проскурин, А.Д., Шейнин, Б.М. Повышение износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов: учебное пособие; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 298 с.

7. Фетисов, Г.М. Материаловедение и технология металлов: учебник / под ред. Г.М. Фетисова. – М.: Высш. шк., 2008. – 877 с.